



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

GRADO EN INGENIERÍA Y CIENCIA AGRONÓMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

***SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE
SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO***

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor: Irene Calvo Díaz

Tutor: Pilar Barreiro Elorza

Junio de 2015

RESUMEN

Este proyecto se ubica en la cooperativa vitivinícola de Nuestra Señora de la Paz, Villarta de San Juan (Ciudad Real), y la extensión de la transformación es 48,4 ha, incluyendo cepas de la variedad Airén y de la variedad Cencibel. La finalidad del proyecto es ejecutar un plan de actuación basado en la oferta de diferentes tipos de servicios relacionados con la sensórica a dicha cooperativa, con el fin de reducir los costes de los insumos, mejorar la productividad y reducir la presión hidrológica del acuífero 23. Para ello, se han analizado las tecnologías disponibles actualmente en el mercado y posteriormente se ha realizado un meta-análisis de los datos bibliográficos relacionados con las tecnologías elegidas. Se ha optado por instalar en campo una red inalámbrica de sensores con una vida útil estimada de 5 años. Los datos obtenidos por la red se complementan con 3 vuelos durante el ciclo anual del cultivo con un dron, además de tomas de datos con un fluorómetro portátil, propiedad ambos de la empresa ofertante. Tras el procesamiento de los datos obtenidos, los cooperativistas reciben un informe semanal detallado vía correo electrónico. Se espera así que la cooperativa se instale en la zona como pionera de la viticultura de precisión, para en un futuro poder extender el uso de las nuevas tecnologías a otros agricultores.

ABSTRACT

This project is located in *Nuestra Señora de la Paz* winegrowing cooperative (Villarta de San Juan, Ciudad Real, Spain) with a scope of 48,4 ha, including vineyards from *Airen* and *Cencibel* varieties. The purpose of this project is to carry out a business plan based on the offering of different kinds of services, all related to sensing technologies applied to precision viticulture, aiming to reduce the inputs, increase productivity and lessen the hydrological pressure in the Aquifer 23. Therefore, technologies available in the market were deeply analyzed, including also data from several on-field experimental studies. The final decision was to establish a wireless sensor network with a 5 years life span. The data collected from the network will be supplemented with 3 annual flights with an unmanned aerial vehicle (UAV) and with a portable fluorometer, both of them belonging to the offering company. After processing the obtained data, the members of the cooperative will receive via e-mail a weekly report. The hope is that the cooperative will stand up as a pioneer of the precision viticulture in the area, so in the future the new technologies could be applied to other farmers.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I. MEMORIA

ANEJO I. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

ANEJO II. ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS

ANEJO III. PROCESO PRODUCTIVO

ANEJO IV. META-ANÁLISIS DE DATOS BIBLIOGRÁFICOS

ANEJO V. SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

ANEJO VI. EVALUACIÓN FINANCIERA

DOCUMENTO II. PLANOS

DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO IV. PRESUPUESTO



“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

DOCUMENTO I

MEMORIA

ÍNDICE

1.	OBJETO DEL PROYECTO	2
1.1.	Naturaleza de la transformación	2
1.2.	Dimensión del proyecto	2
1.3.	Localización de la transformación	2
1.3.1.	Parcelas afectadas por el proyecto	2
2.	MOTIVACIÓN Y DIRECTRICES DEL PROYECTO	3
2.1.	Motivación del proyecto	3
2.2.	Finalidad del proyecto	3
2.3.	Condicionantes impuestos por el promotor del proyecto	3
2.4.	Criterios de valor	4
3.	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA	4
3.1.	Antecedentes	4
3.2.	Área del proyecto: condicionantes internos y externos	4
3.2.1.	Condicionantes internos	4
3.2.2.	Condicionantes externos	6
3.3.	Situación actual	7
3.4.	Situación futura sin proyecto	8
3.5.	Análisis DAFO	8
3.6.	Agricultura de precisión: estado del arte	9
4.	ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS	10
4.1.	Análisis de las tecnologías disponibles	10
4.2.	Generación de alternativas estratégicas	11
4.3.	Análisis y selección de alternativas estratégicas	11
5.	PROCESO PRODUCTIVO	12
5.1.	Tipo de cultivo	12
5.2.	Fases del ciclo productivo de la vid	12
5.3.	Actividad del proceso productivo	12
5.3.1.	Condiciones de la plantación	12
5.3.2.	Mantenimiento de la plantación	12
5.4.	Identificación de los parámetros de calidad del cultivo a determinar	17
6.	Resumen del Estado del Arte	18
7.	SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	19
7.1.	Red inalámbrica de sensores	19

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Memoria

7.1.1.	Elementos	19
7.1.2.	Instalación.....	20
7.2.	Dron (UAV).....	22
7.3.	Sensores multifunción	22
8.	EVALUACIÓN FINANCIERA.....	22
9.	PRESUPUESTO.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evaluación del ahorro en insumos. 23

Figura 2. Análisis de ingresos por venta de uva. 23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parcelas vd. Airén incluidas en el proyecto.....	2
Tabla 2. Parcelas vd. Cencibel incluidas en el proyecto.	3
Tabla 3. Valores medios de las variables climáticas.	5
Tabla 4. Comercialización en 2014 en botellas de 75 cl.	7
Tabla 5. Análisis DAFO.	8
Tabla 6. Resumen tecnologías disponibles.	10
Tabla 8. Matriz multicriterio.	11
Tabla 9. Principales enfermedades y métodos preventivos y de lucha.	14
Tabla 10. Días de riego para cada mes.	16
Tabla 11. Plan de Abonado para la vd. Cencibel.....	16
Tabla 12. Plan de Abonado para la vd. Airén.....	16
Tabla 13. Parámetros de calidad del cultivo a determinar.....	18
Tabla 14. Recomendaciones generales.....	19
Tabla 15. Sensores incluidos en los nodos.	20
Tabla 16. Coordenadas instalación nodos.	21
Tabla 17. Flujos de caja (€).	24

1. OBJETO DEL PROYECTO

1.1. Naturaleza de la transformación

El objeto del presente proyecto es la selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo en 48,4 ha pertenecientes a la cooperativa vitivinícola “Nuestra Señora de la Paz”, ubicada en el término municipal de Villarta de San Juan (Ciudad Real), con C.I.F. F13567829.

1.2. Dimensión del proyecto

El proyecto afecta a una fracción de 48,4 ha sobre la extensión total de la cooperativa, 3.500 ha, dedicadas en su totalidad al cultivo de la vid.

De las 48,4 ha, 25,83 ha son de la variedad blanca Airén y 22,57 ha de la variedad tinta Tempranillo o Cencibel.

1.3. Localización de la transformación

El proyecto está enmarcado en la provincia de Ciudad Real, en el sector nororiental de la comarca de La Mancha, y comprende el término municipal de Villarta de San Juan.

1.3.1. Parcelas afectadas por el proyecto

El proyecto afectará a las siguientes parcelas del polígono 4 del término municipal de Villarta de San Juan (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Parcelas vd. Airén incluidas en el proyecto. Fuente: elaboración propia.

Variedad Airén				
Término municipal	Polígono	Parcela	Recinto	Superficie (ha)
Villarta de San Juan (97)	4	1	1	0,67
		2	1	0,72
		3	1	0,66
		4	1	1,1
		5	1	1,95
		6	1	1,56
		7	1	1,71
		27	1	2,04
		28	1	5,50
		29	1	1,95
		29	2	1,92
		30	1	3,91
		39	1	2,14
			Total	25,83
			Promedio	1,99

Tabla 2. Parcelas vd. Cencibel incluidas en el proyecto. Fuente: elaboración propia.

Variedad Cencibel				
Término municipal	Polígono	Parcela	Recinto	Superficie (ha)
Villarta de San Juan (97)	4	9	2	1,10
		12	1	1,01
		13	2	0,07
		14	1	1,70
		15	1	1,66
		16	1	0,51
		17	1	1,77
		18	1	0,59
		18	2	0,46
		24	1	6,63
		24	2	4,09
		24	3	0,92
		31	4	1,48
		47	1	0,58
		Total		22,57
		Promedio		1,61

2. MOTIVACIÓN Y DIRECTRICES DEL PROYECTO

2.1. Motivación del proyecto

La motivación principal del proyecto es la optimización de los recursos dedicados al cultivo de la vid en el ámbito de la cooperativa, así como la contribución a la recuperación del acuífero 23 de Las Tablas de Daimiel mediante el uso racional del agua de riego y la disminución de la contaminación potencial con agro-químicos.

2.2. Finalidad del proyecto

La finalidad del proyecto es ejecutar un plan de negocio basado en la oferta de diferentes tipos de servicios relacionados con la sensórica, las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Mediante este plan se pretende suministrar información al agricultor para que pueda gestionar mejor sus cultivos y los recursos necesarios para estos, tales como el agua, los productos fitosanitarios y el combustible.

2.3. Condicionantes impuestos por el promotor del proyecto

El promotor exige que se cumplan una serie de condiciones:

- Asentarse como pioneros de esta práctica en la zona apostando por la viticultura de precisión

- Cumplimiento de Buenas Prácticas Agrarias y Conservación del Medio Ambiente
- Optimización del agua de riego y del consumo de combustible
- Optimización de la producción de uva destinada a vinos con Denominación de Origen La Mancha
- Optimización de costes
- Facilidad de acceso a repuestos y accesorios
- Disponibilidad de equipos de sustitución durante el mantenimiento y reparación
- Elaborar una imagen de marca como productor I+D+i

2.4. Criterios de valor

Los criterios de valor son los siguientes:

- Elección de las tecnologías más rentables
- Optimizar la cobertura de los servicios ofertados por la empresa de servicios agrarios
- Coste de oportunidad del capital del promotor: 1,31

3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

3.1. Antecedentes

En términos legislativos, son aplicables en la explotación aquellas leyes y normas señaladas en el Anejo 1, Antecedentes normativos. Hay que prestar especial atención a las normas de producción impuestas por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen La Mancha, ya que se establecen limitaciones en cuanto al rendimiento, así como en lo referido a las prácticas culturales.

Dado el carácter tecnológico del proyecto, es necesario mencionar la legislación en lo referente al crecimiento, la competitividad y la eficiencia, donde se regula el uso civil de los vehículos aéreos no tripulados (drones).

3.2. Área del proyecto: condicionantes internos y externos

3.2.1. Condicionantes internos

3.2.1.1. Climatología

Para el estudio de los datos climatológicos se escogió la estación termopluviométrica de Herencia, situada 14 km al noroeste de la explotación. Se han tomado datos agroclimáticos medios de los últimos 18 años (1996-2014).

El municipio de Villarta de San Juan presenta un clima mediterráneo continental, con los siguientes valores medios de las principales variables climáticas (Tabla 3):

Tabla 3. Valores medios de las variables climáticas. Fuente: elaboración propia a partir de datos del Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha <http://crea.uclm.es/siar/>

VARIABLE CLIMÁTICA	VALOR
Temperatura media anual	14,3 °C
Temperatura media mes más frío	4,8 °C
Temperatura media mes más cálido	25,7 °C
Precipitación media anual	391,1 mm
Precipitación invierno	112,3 mm
Precipitación primavera	126,3 mm
Precipitación verano	31,3 mm
Precipitación otoño	121,2 mm
ETo media anual	1344,4 mm
Duración media periodo libre de heladas	209 días

3.2.1.2. Geología

La Hoja 738 del Mapa Geológico de España, en el que se encuentra el término municipal de Villarta de San Juan, se sitúa entre la depresión tectónica que configura la Llanura Manchega y la Cuenca de la Depresión del Tajo, al Sur y al Norte respectivamente.

De acuerdo a la información proporcionada por la Hoja 738, la zona en la que se encuentra la explotación cuenta principalmente con materiales del Cuaternario, concretamente del Holoceno y con algunas afloraciones del Terciario Superior

3.2.1.3. Edafología

Los suelos de la zona son predominantemente suelos francos con texturas moderadamente gruesas (franco-arenosas) a moderadamente finas (franco-arcillosa-arenosa y franco-arcillosa), con valores de pH ligeramente alcalinos, entre 7,3 y 8,2.

Cabe destacar que los suelos de la zona, dada la proliferación de explotaciones con cultivos en regadío y el endorreísmo propio de la Llanura Manchega, tienen un alto riesgo de estar contaminados por fertilizantes y pesticidas.

3.2.1.4. Orografía

La Llanura Manchega forma parte de la Meseta Central de la Península Ibérica. Se caracteriza por su homogeneidad alrededor de los 625 m de altitud, con escasas pendientes y desniveles, lo que hace que sea una llanura aluvial bastante uniforme.

Como relieve significativo destaca la Sierra de la Calderina, ubicada al Noroccidente del municipio, y que apenas supera los 1.100 m.

3.2.1.5. Hidrología

La zona en la que se ubica el proyecto se encuadra dentro de la cuenca del Alto Guadiana, en la Confederación Hidrográfica del río Guadiana. El río Guadiana cuenta con numerosos afluentes, como el río Cigüela, Záncara y Azuer, que forman la fuente de abastecimiento de las distintas comunidades de regantes, así como de la red de drenajes.

La mayoría de las extracciones con fines agrícolas se vinieron haciendo históricamente del acuífero 23, acuífero de la “Mancha occidental” o Unidad Hidrogeológica 04.04, con una superficie de 5.500 km². Dicho acuífero se declaró sobreexplotado en 1994, año en el que se aprobó el Plan de Ordenación de las Extracciones por la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, en el que se imponían limitaciones y restricciones a los usuarios del agua en todo el ámbito territorial del Acuífero 23.

3.2.2. Condicionantes externos

3.2.2.1. Medio socioeconómico

La población del municipio de Villarta de San Juan, de acuerdo a datos del censo poblacional de 2013 del INE, es de 3.026 habitantes, con una densidad poblacional de 45,84 hab/km².

En lo que respecta a la distribución sectorial del empleo, la agricultura tiene una importancia relevante, ya que más del 30% de las empresas del municipio están relacionadas con este sector, si bien el sector servicios ocupa el 43% de las empresas. El sector agrario cuenta en Villarta de San Juan con 209 UTAS, según el Censo Agrario de 2009.

3.2.2.2. Principales aprovechamientos y cultivos

El uso del suelo agrícola en Villarta de San Juan está dedicado principalmente a las labores de secano, que alcanzan valores próximos al 45% de la extensión total, seguidos en importancia por los viñedos en secano (31,85%) y los cultivos herbáceos en regadío (11,83%).

3.2.2.3. Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda

El municipio de Villarta de San Juan se encuentra a unos 30 Km del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. También forma parte de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda, que comprende, además del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera. La Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda abarca 418.087 hectáreas, y se trata de un conjunto de humedales asociados al tramo alto del río Guadiana y 13 de sus afluentes, así como otros 15 arroyos íntimamente ligados a los acuíferos 23 y 24 del Campo de Montiel.

Desde que a mediados del siglo XX proliferaran las superficies en regadío en la zona, y también a consecuencia de las extracciones realizadas con fines industriales, los acuíferos empezaron a sufrir condiciones de sobreexplotación, en las que las extracciones superaban la capacidad de recarga de dichos depósitos hidrogeológicos. También se llevaron a cabo drenado de humedales, procesos de concentración parcelaria y desecaciones para propiciar terrenos aptos para la agricultura, así como para reconducir los cauces hacia zonas regables.

La principal consecuencia del incremento de la superficie en regadío fue que los acuíferos sufrieron drásticas caídas del nivel freático, llegando en algunos puntos a cotas de hasta 30 m por debajo de la superficie. Se redujeron así las descargas del acuífero y se rompió la conexión hidrológica con los humedales, lo que hizo que los Ojos del Guadiana quedasen secos.

El cultivo en regadío no solo condujo al descenso de los niveles freáticos, sino que, como consecuencia directa de esta actividad agrícola, se produjo un fuerte lixiviado de nitratos, sulfatos y fosfatos, así como de insecticidas, que fueron a parar al interior de los acuíferos.

3.2.2.4. Denominación de Origen La Mancha

La Cooperativa “Nuestra Señora de la Paz” comercializa sus vinos bajo la Denominación de Origen la Mancha.

Las Normas de Producción de la Denominación de Origen La Mancha dan cabida a un total de 182 términos municipales, con 165.206 ha de viñedo inscritas, de las que el 49% se encuentran en la provincia de Ciudad Real.

De acuerdo a los datos aportados por el Consejo Regulador para uvas tintas y blancas, en 2014 se comercializaron un total de 47.258.160 litros de vino con D.O. La Mancha, de los cuales 32.508.771 se destinaron a consumo nacional y se exportaron 14.871.267. A continuación se expresa la equivalencia de los datos de comercialización en 2014 en botellas de 75 cl (Tabla 4):

Tabla 4. Comercialización en 2014 en botellas de 75 cl. Fuente: <http://lamanchawines.com/>

NACIONAL	43.345.028
EXPORTACIONES	19.828.356
TOTAL	63.010.880

En cuanto a la distribución de las exportaciones, tuvieron como destino final principalmente Alemania (33%) y China (17%).

3.3. Situación actual

Durante los años 2007 y 2008 la situación de Las Tablas de Daimiel llegó a ser crítica, debido a los periodos prolongados de sequía, el ineficaz control de la sobreexplotación de las masas subterráneas de agua y los incendios de las turberas.

En 2008 se aprobó el Plan Especial del Alto Guadiana, cuyos objetivos generales eran recuperar los ecosistemas húmedos y propiciar un uso sostenible de los acuíferos de la Cuenca Alta del Guadiana. Para ello se proponían una serie de actuaciones, tales como la restauración hídrica de los acuíferos, especialmente el 23, la recuperación ecológica de los humedales y la mejora en la eficiencia del uso del agua.

Fue en el invierno de 2009/2010, uno de los más lluviosos que se recuerdan en la zona, cuando se incrementó el nivel freático, lo que afectó directamente a la extinción de los incendios subterráneos, que se extendían desde los Ojos del Guadiana hasta Las Tablas de Daimiel. Desde ese invierno se vienen registrando episodios de afloramientos superficiales de aguas subterráneas en zonas cercanas a los Ojos del Guadiana y en Las Tablas de Daimiel, finalmente inundadas en el invierno de 2013/2014.

Actualmente se están incluyendo en el paisaje plantas fotovoltaicas y termosolares. Estas últimas se caracterizan por usar agua en sus circuitos de refrigeración, así como por optimizar el agua en gran medida. Estas inversiones en energías renovables

demuestran un cambio hacia la nueva cultura del agua, tan necesaria en la zona de estudio.

Además, desde el 1 de enero de 2014 entró en vigor el Plan de Acción Nacional para el uso sostenible de productos fitosanitarios, según el cual las explotaciones agrarias deberán cumplimentar un cuaderno de campo o cuaderno de explotación, en el que se irán especificando todos los tratamientos fitosanitarios que los agricultores lleven a cabo.

3.4. Situación futura sin proyecto

La no implantación del proyecto supondría un uso del agua ineficiente, ya que, al no conocer el estado hídrico del cultivo de forma exacta, se podrían estar realizando aplicaciones de riego en momentos y cantidades que no serían las óptimas para el cultivo.

Desde el punto de vista del agricultor, mayores consumos de agua incrementarían los gastos a largo plazo de la explotación, disminuyendo así el margen de beneficios.

3.5. Análisis DAFO

Según el análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades detallado en el Anejo 1, se concentrará la atención en las siguientes líneas estratégicas (Tabla 5):

Tabla 5. Análisis DAFO. Fuente: elaboración propia.

DEBILIDADES	FORTALEZAS
Reticencia de los cooperativistas a aceptar el plan de negocio Parque de maquinaria envejecido Falta de casos de aplicación directa de viticultura de precisión en la zona	Disponibilidad de cobertura de la empresa de servicios en la zona Posibilidad de optimizar los recursos destinados al cultivo de la vid Contribuir a la regeneración del acuífero 23
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
Proyecto ubicado en la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda El coste de los equipos puede ser percibido como alto Límites impuestos al rendimiento por el Consejo Regulador de la D.O. La Mancha	Creación de imagen de marca como cooperativa I+D+i Mejora de la calidad de los vinos a comercializar Reducción de consumos de agua y combustible por innovación del sistema

3.6. Agricultura de precisión: estado del arte

La agricultura de precisión surge de la aplicación de las nuevas tecnologías a los retos actuales, como el incremento de la producción sin aumentar la superficie y la concienciación sobre la protección del medio ambiente. Se basa en la diversidad espacial y temporal que se produce a nivel de suelo y de cultivo dentro de una parcela.

La agricultura de precisión requiere el uso de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), así como satélites, sensores e imágenes aéreas.

Lo más fácil de encontrar en España a día de hoy en lo relativo a la agricultura de precisión son los tractores con sistemas de autoguiado y cosechadoras capaces de generar mapas de rendimiento. En el mercado también se encuentran, aunque en menor proporción, abonadoras y pulverizadores con sistemas de dosificación gobernados por el ordenador instalado en el tractor, lo que les permite aplicar dosis variables en función de los datos disponibles del terreno y el cultivo.

En cuanto a los usuarios a día de hoy, las empresas de servicios son las que cuentan con mayor número de equipos de agricultura de precisión, aunque también hay algunos agricultores muy innovadores con afición a las nuevas tecnologías que la han implantado en sus fincas.

4. ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS

4.1. Análisis de las tecnologías disponibles

En el Anejo 2 se puede encontrar un análisis de las tecnologías disponibles actualmente dentro del marco de los sensores de calidad de cultivo. En la tabla 6 se presenta un resumen de los principales aspectos de cada una de ellas:

Tabla 6. Resumen tecnologías disponibles. Fuente: elaboración propia.

REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Amplias oportunidades para la investigación y el desarrollo Información en tiempo real Ayuda en la toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores • Nodos • Gateway • Estación base • Red inalámbrica 	Redes no cableadas Instalación sencilla Bajo coste Obtención de datos a nivel local	Constante exposición a condiciones ambientales Efecto de la densidad foliar del cultivo sobre el rendimiento
UAV			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Vehículos no tripulados Monitoreo ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Varios motores • GPS • Cámaras 	Resolución espacial (cm) Costes operacionales bajos No influidos por nubes Control preciso del vuelo	Escasa capacidad portante Limitada autonomía de vuelo
TELEDETECCIÓN			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Vehículos tripulados En grandes extensiones	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma • Cámaras • Sensor LIDAR • GPS 	Resolución radiométrica	Elevados costes Baja resolución espacial Frecuencia de toma de datos
SENSORES DE CUBIERTA			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Basados en la reflectancia de la cubierta Montados sobre maquinaria o portátiles	<ul style="list-style-type: none"> • LEDs • Pantalla • GPS • Puerto USB 	Medidas en tiempo real Método no destructivo	Menor rendimiento en la toma de datos
SENSORES EN MAQUINARIA DE RECOLECCIÓN			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Carácter variable	Los propios del sensor instalado	Método rápido y sencillo	Carácter informativo Maquinaria preparada para los sensores
SENSORES PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Amplia gama de sensores	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor • Carcasa • Data-logger • Pantalla • Antena GPS • Puerto USB 	Generación de mapas con zonas de manejo específicas	Problemática en suelos pedregosos

4.2. Generación de alternativas estratégicas

Habiendo hecho una revisión de las tecnologías disponibles, y teniendo en cuenta los condicionantes del promotor, se generaron las siguientes alternativas estratégicas:

1. Instalación de una red inalámbrica de sensores para recabar datos de diversa índole
2. Estimación de parámetros de calidad de cultivo mediante sensores de cubierta portátiles
3. Realización de mapas de diversa índole mediante el empleo de UAVs
4. Alternativa híbrida, combinando las tres alternativas anteriores

4.3. Análisis y selección de alternativas estratégicas

Para seleccionar la mejor alternativa entre las cuatro propuestas se recurrió a un análisis multicriterio, en el que se identificaron cinco criterios, que se valoraron según su importancia dentro de las necesidades del proyecto entre 0 y 1 (Tabla 7):

Tabla 7. Criterios y ponderaciones. Fuente: elaboración propia

Criterio	Ponderación
Ayuda en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo	0,8
Precio	0,5
Facilidad de acceso a repuestos y accesorios	0,2
Coste de mantenimiento y reparaciones	0,3
Nivel de información que aporta la tecnología	0,4

A continuación se valoró de forma individual cada alternativa, obteniéndose la siguiente matriz multicriterio (Tabla 8), en la que se puede observar que la alternativa estratégica elegida es la alternativa híbrida. Se cumplirán así en mayor medida las condiciones y objetivos propios del proyecto.

Tabla 8. Matriz multicriterio. Fuente: elaboración propia

CRITERIOS	PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS			
		Red sensores	Sensores móviles	UAVs	Alternativa híbrida
Ayuda en la toma de decisiones	0,8	0,2	0,25	0,3	0,35
Precio	0,5	0,3	0,25	0,25	0,2
Facilidad acceso repuestos	0,2	0,15	0,1	0,05	0,05
Coste mnto y reparaciones	0,3	0,15	0,05	0,05	0,05
Nivel de información	0,4	0,2	0,35	0,35	0,35
	TOTAL	0,465	0,5	0,53	0,545

5. PROCESO PRODUCTIVO

5.1. Tipo de cultivo

La Cooperativa Agrícola “Nuestra Señora de la Paz” produce vinos tanto blancos como tintos. Para ello, en las parcelas de los cooperativistas se cultivan vides de las variedades Tempranillo, para los vinos tintos, y Airén, para los vinos blancos. Ambas variedades están injertadas sobre el patrón 110 Richter.

5.2. Fases del ciclo productivo de la vid

La vid sigue a lo largo de su vida ciclos interdependientes, que se ven afectados tanto por la acción del hombre como por la de otros elementos ajenos a la planta, tales como el clima, las plagas, etc.

La vid sigue también un ciclo anual, constituido por un periodo de vida activa, en el que se desarrollan las estructuras vegetativas y reproductivas, y un periodo de reposo, que en nuestra latitud suele coincidir con el invierno.

Durante el periodo de actividad anual, se distingue entre el ciclo vegetativo y el ciclo reproductivo, que se desarrollan de forma simultánea en el tiempo. El ciclo vegetativo anual incluye el crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos de la planta: raíces, hojas, pámpanos y zarcillos, así como el agostamiento. El ciclo reproductivo incluye la floración, polinización, fecundación y el desarrollo y maduración de las bayas.

5.3. Actividad del proceso productivo

5.3.1. Condiciones de la plantación

Las plantaciones están divididas en calles, lo que permite realizar labores de mecanización de una forma mucho más cómoda y regular, así como obtener una alta y homogénea densidad de plantación. El marco de plantación es rectangular, de 3,25 x 1,40 m, con una densidad de plantas de 2.200 plantas/ha, con las calles alineadas Norte-Sur. El tamaño medio de las plantaciones de los cooperativistas es de 2,1 ha.

Respecto al momento del ciclo vital de las plantaciones, las vides se encuentran actualmente en producción constante, en el año 17 de su vida productiva.

5.3.2. Mantenimiento de la plantación

5.3.2.1. Mantenimiento del suelo

En las parcelas de la Cooperativa se sigue de forma habitual una técnica mixta de mantenimiento del suelo, con cubiertas temporales en las calles y herbicidas en las líneas.

Para la cubierta temporal se escogieron especies con un crecimiento rápido (que pudieran producir el máximo de materia verde en 6-8 meses) y que pudiesen brotar en Otoño/Invierno. La opción elegida por la mayoría de los cooperativistas es la de sembrar el combinado Veza (50 kg/ha) + Avena (200 kg/ha), generalmente a finales de

verano, después de la vendimia para no estropear la cubierta ni entorpecer las labores de la recolección. A finales de Marzo o principios de Abril se procederá a la destrucción de la cubierta, mediante medios químicos o mecánicos y a su posterior incorporación al terreno mediante el pase de una grada de discos. El suelo se mantendrá desnudo hasta finales de verano o comienzos del otoño, cuando se vuelva a producir la siembra.

La aplicación de los herbicidas se hará mediante un pulverizador acoplado a un tractor. Se hará una primera pulverización después de haber eliminado la cubierta vegetal en las calles, en el mes de Abril. Posteriormente en el verano se harán dos tratamientos con herbicidas de contacto, aunque dependerá de las condiciones meteorológicas del año.

5.3.2.2. Control fitosanitario

La vid se puede ver afectada durante su ciclo vital por numerosos accidentes provocados por hongos, bacterias, virus, nemátodos, ácaros e insectos. A continuación se recoge una relación de los agentes más comunes en la zona en estudio, así como recomendaciones relativas a los tratamientos fitosanitarios a aplicar (Tabla 9):

Tabla 9. Principales enfermedades y métodos preventivos y de lucha. Fuente: elaboración propia.

Enfermedad	Métodos preventivos	Métodos de lucha
Oidio (<i>Uncinula necator</i>)	Copa vegetativa abierta Pulverización con azufre mojable	4 tratamientos con azufre en polvo en los estados fenológicos F, I, K/L, M1
Mildiu (<i>Plasmopara viticola</i>)	Copa vegetativa abierta Evitar encharcamiento En años lluviosos: Metalaxil + Folpet en estados F-G Si hay lluvias y Tª suaves: Oxidloruro de cobre en estados H-I	Benalaxil + Mancozeb Fosetil Al + Mancozeb Valifenalato + Folpet
Podredumbre gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	Evitar variedades con racimos muy apretados	3 tratamiento con Captan o Folpet en los estados fenológicos L, M2 y tres semanas antes de la vendimia
Excoriosis (<i>Phomopsis viticola</i> Sacc.)	2 tratamientos con Folpet, Mancozeb o Metiram en los estados fenológicos D y E	Arranque y quema de las plantas enfermas
Yesca (<i>Phellinus igniarius</i> y <i>Stereum hirsutum</i>)	Aplicar tebuconazol + resinas sintéticas en las heridas de poda	Arranque y quema de las plantas enfermas
Necrosis bacteriana (<i>Xylophilus ampelinus</i>)	Realizar podas en el periodo de máximo reposo vegetativo	3 tratamientos con caldo Bordolés: después de la poda al 5%, en el estado fenológico C/D al 2% y en el D/E al 2%
Enfermedad de Pierce (<i>Xylella fastidiosa</i>)	Limpiar el material de poda y utilizar material vegetal sano	Arranque y quema de las plantas enfermas Tratamiento con fitofortificante en el resto del viñedo
Podredumbre ácida del racimo	Utilizar portainjertos con sistema radicular profundo Tratamientos con iprodione, vinclozina y procimidona	Arranque y quema de las plantas enfermas
Degeneración infecciosa (GFV)	Limpiar el material de poda y utilizar material vegetal sano	Arranque y quema de las plantas enfermas
Acariosis (<i>Calepitrimerus vitis</i> Nal.)	Si el año anterior hubo plantas afectadas: tratamiento después de la brotación con azufre en polvo y spirodiclofen	En parcelas afectadas las aplicaciones para oidio son suficientes
Piral (<i>Sparganothis pilleriaz</i>)	Si el año anterior hubo plantas afectadas: tratamiento con clorpirifos, emamectina o tebufenocida a los 20-25 días del estado fenológico D	Tratamientos con luferunon o fenitrotion

5.3.2.3. Accidentes climáticos

Los principales accidentes climáticos que pueden afectar a la vid son las altas temperaturas, las heladas, el granizo y el viento.

Las temperaturas de 38-40°C son bien soportadas, aunque pueden acontecer accidentes como golpes de sol o asurado. Cuando las temperaturas alcanzan los 42°C se observan desecaciones y empardecimientos en las hojas y en los racimos, y con temperaturas superiores a los 55°C la planta muere.

El efecto de las heladas sobre la vid depende del estado vegetativo en que se encuentre:

- Las heladas de otoño pueden conducir a la caída prematura de las hojas, lo que produce el debilitamiento de la vid.
- Las heladas de invierno son heladas por convección y afectan entre la caída de las hojas y el desborre.
- Las heladas de primavera son heladas por irradiación, afectan durante y después del desborre, y son las más frecuentes, ya que la planta se ve afectada desde los -0,5°C.

Realizar podas tardías es un método indirecto muy efectivo para la lucha contra las heladas, ya que se retrasa el momento de la brotación hasta que se haya reducido el riesgo de heladas primaverales.

En la zona en estudio la incidencia de episodios de granizo no es relevante. Aun así, cuando se produce este accidente climático, se ven afectadas las hojas, los sarmientos y los órganos reproductores, afectando gravemente al rendimiento y a la calidad de la cosecha.

Vientos fuertes suelen provocar el desgajado de los pámpanos y desgarraduras en el limbo de las hojas. Si los vientos se combinan con altas temperaturas se produce un fuerte desequilibrio entre la absorción radicular y la transpiración foliar.

5.3.2.4. Riego

La explotación cuenta con un sistema de riego por goteo, con emisores localizados a los pies de las cepas. Esto permite que las plantas tengan el agua a su disposición a bajo caudal y de forma frecuente y que se forme un bulbo húmedo en la zona en la que se localiza en el emisor, zona en la que la humedad permanece casi constante.

El sistema de riego está integrado por: estación de tratamiento de agua, grupo de bombeo, estación de filtrado, equipo de fertirrigación y red de distribución (tubería principal, tubería porta-ramal, tubería porta-goteros y emisores). En el sistema se pueden encontrar también elementos reguladores, como válvulas, automatismos y ventosas, así como elementos de medida de presión.

Cada una de las sub-zonas dentro de la explotación con variedades Airén y Tempranillo están divididas a su vez en 6 sectores de riego cada una, que se riegan de forma no simultánea.

Según los datos aportados por la Cooperativa, de forma general se sigue el siguiente calendario de riegos (Tabla 10):

Tabla 10. Días de riego para cada mes. Fuente: elaboración propia.

MAYO		
Sectores A y B	Sectores C y D	Sectores E y F
13, 16, 19, 22, 25, 28 y 31	14, 17, 20, 23, 26, 29	15, 18, 21, 24, 27, 30
JUNIO		
Sectores A y B	Sectores C y D	Sectores E y F
3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29
JULIO		
Sectores A y B	Sectores C y D	Sectores E y F
3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29
AGOSTO		
Sectores A y B	Sectores C y D	Sectores E y F
2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31

5.3.2.5. Fertilización

Aprovechando que en las parcelas de la Cooperativa el sistema instalado es el riego localizado, es conveniente adoptar la fertirrigación como método de fertilización. Esto permite que, ya que los goteros van a empapar sólo una parte de terreno, la planta únicamente reciba los nutrientes minerales en la fracción de tierra explorada por las raíces.

De acuerdo a la información aportada por la Cooperativa, los más usados por los cooperativistas son los siguientes fertilizantes líquidos:

- Solución nitrogenada del 32% de N
- Ácido fosfórico
- Solución potásica al 15%

El hecho de elegir fertilizantes líquidos hace que se elimine el paso previo de tener que obtener una solución madre en un tanque adicional.

El plan de abonado será ligeramente diferente para cada una de las variedades (Tablas 11 y 12):

Tabla 11. Plan de Abonado para la vd. Cencibel. Fuente: elaboración propia.

Elemento fertilizante	1ª etapa (kg/ha)	2ª etapa (kg/ha)	3ª etapa (kg/ha)
Nitrógeno 32% (32-0-0)	94	187	-
Fósforo 52% (0-52-0)	17	27	11
Potasio 15% (0-0-15)	195	468	117

Tabla 12. Plan de Abonado para la vd. Airén. Fuente: elaboración propia

Elemento fertilizante	1ª etapa (kg/ha)	2ª etapa (kg/ha)	3ª etapa (kg/ha)
Nitrógeno 32% (32-0-0)	95	190	-
Fósforo 52% (0-52-0)	17	27	11
Potasio 15% (0-0-15)	196	474	119

5.3.2.6. Sistema de poda

Las vides de los cooperativistas se encuentran conducidas en espaldera vertical de un solo plano, y la mayoría de los cooperativistas tienen como sistema de poda elegido el Doble Cordón Royat, con un máximo de 16 yemas/cepa en la variedad Cencibel y de 14 yemas/cepa en Airén. Esto permite la vendimia mecanizada, aspecto que si se hubiera seguido la poda tradicional en la zona de “en cabeza a la manchega” no se podría haber podido considerar.

La altura del tronco es de 70 cm sobre la superficie del suelo, una altura idónea que permite aumentar la cantidad de madera vieja que le supone a la vid un almacén de reservas.

Dado que las plantaciones se encuentran de media en el año 17 de su vida productiva, las cepas ya están perfectamente formadas, y cada año solo se realizan, generalmente, tres operaciones de poda: la prepoda, la poda de mantenimiento y la poda en verde.

Aun así, cada año cada pulgar dará lugar a la aparición de dos sarmientos portadores de racimos. Para no alargar los brazos del cordón se deberán eliminar los más alejados de la madera vieja.

5.3.2.7. Vendimia

La época de vendimia dependerá de las condiciones climatológicas de cada año, así como de la variedad de *Vitis*. Aunque se dispone de un histórico de las fechas de vendimia en la zona, se deben muestrear 10 cepas representativas de cada parcela para analizar su contenido en azúcares, acidez y pH, para obtener los índices de maduración anteriormente comentados y poder determinar la fecha óptima para la vendimia.

Se estima que la vendimia tendrá lugar entre la segunda y la tercera semana de septiembre. Una vendimia temprana implicaría contenidos de azúcares bajos y demasiada acidez, y una vendimia tardía produciría una reducción en la producción y un exceso de azúcares en la cosecha.

La vendimia se realiza de forma mecanizada.

5.3.2.8. Comercialización

La comercialización de la uva por parte de los viticultores no supone ningún problema, ya que la Cooperativa también hace a su vez de bodega. En sus instalaciones de 30.000 m² se elaboran anualmente cerca de 14 millones de litros de vino de las variedades Airén, Macabeo, Tempranillo y Cabernet Sauvignon, obtenidos de las 3.500 ha que abarca la cooperativa.

Los vinos que comercializa la Cooperativa se agrupan bajo dos nombres, Tintobel (Tempranillo y Cabernet Sauvignon) y Matices (vinos blancos y tintos).

5.4. Identificación de los parámetros de calidad del cultivo a determinar

Tras analizar el proceso productivo, se identificaron los siguientes parámetros de calidad de cultivo a determinar (Tabla 13):

Tabla 13. Parámetros de calidad del cultivo a determinar. Fuente: elaboración propia.

Fenómeno	Parámetro	Frecuencia de adquisición de la información
Cambios ambientales	Temperatura ambiental	Continua durante todo el ciclo del cultivo
	Humedad ambiental	
	Presión atmosférica	
	Dirección y velocidad del viento	
	Pluviometría	
Absorción de nutrientes (P)	Temperatura del suelo	De 3 a 5 veces desde los llores hasta unos días después del cuajado
Estrés hídrico del cultivo	Humedad del suelo a dos profundidades	
	Temperatura de la cubierta vegetal	De 3 a 5 veces desde el cuajado hasta la vendimia
Desarrollo de la masa vegetativa – Estimación del rendimiento	NDVI	
Maduración de las bayas	Contenido en antocianinas	De 3 a 5 veces desde el cuajado hasta la vendimia
	Contenido en flavonoles	
	Fecha de vendimia	

6. Resumen del Estado del Arte

Para desarrollar la parte experimental del proyecto se recurrió a realizar una revisión bibliográfica sobre trabajos experimentales relacionados con las tecnologías a implantar en el proyecto. Para ello, se revisaron los siguientes trabajos, de los que se puede encontrar más información en el Anejo 4:

- BELLVERT, J., ZARCO-TEJADA, P.J., GIRONA, J., FERERES, E. “*Mapping crop water stress index in a ‘Pinot-noir’ vineyard: comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle*” (2014) Precision agriculture, 15: 361-376.
- BEN GHOLEN, N., CEROVIC, Z.G., GERMAIN, C., TOUTAIN, S., LATOUCHE, G. “*Non-Destructive Optical Monitoring of Grape Maturation by Proximal Sensing*” (2010) Sensors, 10: 10040-10068.
- CEROVIC, Z.G., GOUTOULY, J., HILBERT, G., DESTAC-IRVINE, A., MARTINON, V., MOISE, N. “*Mapping winegrape quality attributes using portable fluorescence-based sensors*” (2009) Libro de actas de FRUTIC 09: Fruit, nut and vegetable production engineering symposium, 301-310.
- MARTÍNEZ, J. “*Smart Viticulture Project in Spain Uses Sensor Devices to Harvest Healthier, More Abundant Grapes for Coveted Albariño Wines*” (2014) Disponible en: <http://www.libelium.com/sensors-mag-smart-viticulture-project-in-spain-uses-sensor-devices-to-harvest-healthier-more-abundant-grapes-for-coveted-albarino-wines/> (en línea).
- MONTERO GARCÍA, F., BRASA, A., MONTERO RIQUELME, F. “Estudio de la variabilidad microclimática de un viñedo de 12 ha mediante Redes de

Sensores Inalámbricas” (2013) Libro de actas del VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas, 263-268.

- TURNER, D., LUCIEER, A., WATSON, C. “*Development of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for hyper resolution vineyard mapping based on visible, multispectral, and thermal imagery*” (2011), International Symposium on Remote Sensing of Environment.

Del análisis de los seis trabajos experimentales mencionados, se extrajeron las siguientes recomendaciones generales (Tabla 14):

Tabla 14. Recomendaciones generales. Fuente: elaboración propia.

Redes inalámbricas de sensores
<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden desarrollar modelos estadísticos de estimación para correlacionar las condiciones meteorológicas con la aparición de enfermedades en el viñedo. • Por cuestiones de capacidad de procesamiento, de seguridad y de capacidad de programación se recomienda alojar el sistema de información en un servidor externo que se sincronice automáticamente con el módulo central (Gateway). • Se deben tener en cuenta las diferencias de temperatura y humedad que pueden aparecer en casos de irregularidades del terreno, en diferentes orientaciones de las filas y en los diversos sistemas de conducción.
Drones (UAV)
<ul style="list-style-type: none"> • La mejor hora para obtener imágenes térmicas que caractericen el estrés hídrico de las plantas es a mediodía, entre las 12:00 y las 13:30h. • El tamaño de píxel óptimo para diferenciar la temperatura de la cubierta de la temperatura del suelo es de 0,3m. • Su resolución temporal sin precedentes ayuda en la toma de decisiones en los momentos críticos del ciclo de la planta.
Sensores multifunción
<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda realizar una sola medición por racimo, para evitar posibles variaciones en la fluorescencia de la clorofila debido a causas ambientales. • Se debe tener en cuenta que la mayor fuente de variabilidad es la distancia entre el fluorómetro y el racimo. • Para el caso de las uvas blancas, se recomienda usar el índice SFR (<i>Simple Fluorescence Ratio</i>), ligado al contenido de clorofila en la piel para estimar la maduración del cultivar. También se puede emplear índice ANTH (índice de antocianinas) que se incrementa de forma constante durante el ciclo de la planta.

7. SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

7.1. Red inalámbrica de sensores

La red inalámbrica de sensores elegida es una solución integral con *Open Source Sensor Platform*.

7.1.1. Elementos

La red está formada por los siguientes elementos:

- Nodos. Cada uno de los nodos cuenta con 6 salidas, por lo que el número máximo de sensores que podrá leer cada uno será 6.
- Sensores. Se instalarán 6 sensores por cada nodo. La relación de sensores es la siguiente (Tabla 15):

Tabla 15. Sensores incluidos en los nodos. Fuente: <http://www.libelium.com/>

Salida	Parámetro	Sensor
A	Humedad y Temperatura	Sensor A
B	Presión atmosférica	Sensor B
C	Temperatura del suelo	Sensor C
D	Estación meteorológica (anemómetro + veleta + pluviómetro)	Sensor D
E	Humedad del suelo	Sensor E
F	Humedad del suelo	Sensor E

- Gateway. La información recogida por los nodos se envía a un almacenamiento externo en la nube a través del router Linux Gateway xBee. También dispone de una función que permite recibir, almacenar y almacenar los datos en bases de datos locales y externas.

7.1.2. Instalación

Se hace una diferenciación en cuanto a la configuración e instalación de los nodos:

- Se instalarán 4 nodos por hectárea con 5 salidas conectadas, dejando libre la salida D (estación meteorológica, sensor D). Irán instalados sobre postes de aluminio de 5 cm de diámetro a una altura de 1,75 m sobre el nivel del suelo y se engancharán con bridas, orientados a 45° para asegurar el máximo rendimiento de las placas solares.
- Se instalarán un total de 4 nodos con las 6 salidas conectadas, lo que arroja una relación de 12,3 ha/estación meteorológica. Irán instalados sobre postes de aluminio de 5 cm de diámetro a una altura de 1,75 m sobre el nivel del suelo y se engancharán con bridas, orientados a 45° para asegurar el máximo rendimiento de las placas solares. La estación meteorológica se instalará a 2,15 m sobre el nivel del suelo, para asegurar que los datos obtenidos corresponden al ambiente y para evitar posibles interferencias con la masa vegetativa.

En ambos casos, el sensor de humedad de suelo con salida E se instalará a 30 cm y el de la salida F a 60 cm, para asegurar así una cobertura total de la masa radicular de las plantas.

Concretamente, los nodos se instalarán en las coordenadas indicadas en la tabla 16. Los dos nodos que llevarán conectada la salida de la estación meteorológica están marcados con un asterisco. Se puede encontrar la ubicación dentro de las parcelas en los planos nº4 y nº5.

Tabla 16. Coordenadas instalación nodos. Fuente: elaboración propia.

Nodo	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)
1	462.720.19	4.345.648.28
2	462.660.88	4.345.660.88
3	462.570.01	4.345.601.06
4	462.462.48	4.345.570.23
5	462.373.61	4.345.566.97
6	462.338.88	4.345.659.33
7	462.357.85	4.345.755.12
8	462.263.58	4.345.785.07
9	462.317.91	4.345.918.03
10	462.184.81	4.345.957.39
11	462.139.02	4.346.058.79
12	462.233.46	4.346.065.71
13	462.291.34	4.346.166.83
14	462.416.47	4.346.011.35
15	462.725.91	4.346.070.72
16	462.402.66	4.345.834.42
17	462.521.30	4.345.867.04
18*	462.615.82	4.345.888.71
19	462.684.55	4.345.938.16
20	462.791.66	4.345.883.95
21	462.860.57	4.345.970.28
22	463.027.19	4.345.971.23
23	462.426.31	4.345.748.33
24	462.580.15	4.345.784.93
25	462.720.99	4.345.815.61
26	462.919.32	4.345.866.29
27	462.628.43	4.346.203.24
28	462.721.09	4.346.224.92
29	462.806.89	4.346.360.95
30	462.953.27	4.346.389.75
31	463.077.80	4.346.496.09
32	463.055.08	4.346.333.63
33	463.125.14	4.346.329.71
34	463.160.00	4.346.263.17
35	462.977.00	4.346.319.35
36	463.039.63	4.346.252.68
37	462.834.47	4.346.320.02
38	463.185.36	4.346.145.05
39	463.312.69	4.346.059.64
40	463.339.97	4.345.956.26
41	463.138.61	4.346.045.71
42	463.251.06	4.345.945.62
43	463.092.58	4.346.099.40
44	463.063.34	4.346.178.82
45	462.990.74	4.346.094.35
46*	462.956.16	4.346.218.04
47	462.846.49	4.346.124.53
48	462.820.91	4.346.194.72
49	462.782.46	4.346.283.40

7.2. Dron (UAV)

El dron elegido puede montar 5 tipos de cámaras:

- S110 NIR 12 MPx. Obtiene datos de imagen en la banda infrarroja cercana (NIR), así como en el verde y en el rojo. Se puede emplear para obtener índices de vegetación (NVDI), supervisión del crecimiento, identificación de cultivos y determinación del índice de área foliar.
- S110 RE 12 MPx. Obtiene datos de imagen en la banda roja (*Red Edge*), azul y verde. Entre sus aplicaciones destacan la evaluación del estrés de los cultivos, los niveles de concentración de clorofila, análisis de senescencia y evaluación de sequías.
- S110 RGB de 12 MPx. Obtiene datos normales de imagen en el espectro visible, en las bandas verde, roja y azul. Se puede usar para renderizados visuales en 3D y 2D en color real, mediciones de la clorofila y evaluación de drenajes.
- multiSPEC 4C. Contiene cuatro sensores distintos de 1,2 MPx que se controlan mediante el piloto automático del dron. Estos sensores obtienen datos a través de cuatro bandas muy precisas (verde, rojo, rojo lejano y NIR). Ejemplos de aplicaciones: índice de biomasa, índice de área foliar, recomendaciones de nitrógeno y fenología.
- thermoMAP. Con esta cámara se pueden capturar imágenes fijas o vídeos térmicos. Se puede emplear para gestión de la distribución del agua en la parcela, comprobaciones relacionadas con el riego y como un método alternativo para el análisis del estrés de las plantas.

El proceso de toma de datos cuenta con cuatro pasos: planificación del vuelo, simulación, toma de datos y trabajo de gabinete (procesamiento y análisis). Se cuenta con software especialmente diseñado para cada uno de los pasos.

7.3. Sensores multifunción

El sensor escogido como multifunción es un fluorómetro portátil que permite realizar medidas sin contacto directo con la planta de forma no destructiva y en tiempo real. Realiza medidas de clorofila y polifenoles (antocianina y flavonoles), para poder calcular los índices como SFR (*Simple Fluorescence Ratio*), FLAV (índice de flavonoles) y NBI® (*Nitrogen Balance Index*). El fluorómetro incluye 4 canales de luz: UV, azul, verde y rojo.

8. EVALUACIÓN FINANCIERA

En el anejo 6 se estudian las reducciones en los costes y los incrementos en los ingresos derivados de la aplicación de las tecnologías expuestas en este proyecto. A continuación se expresan dichos valores en las figuras 1 y 2:

Evaluación del ahorro en insumos

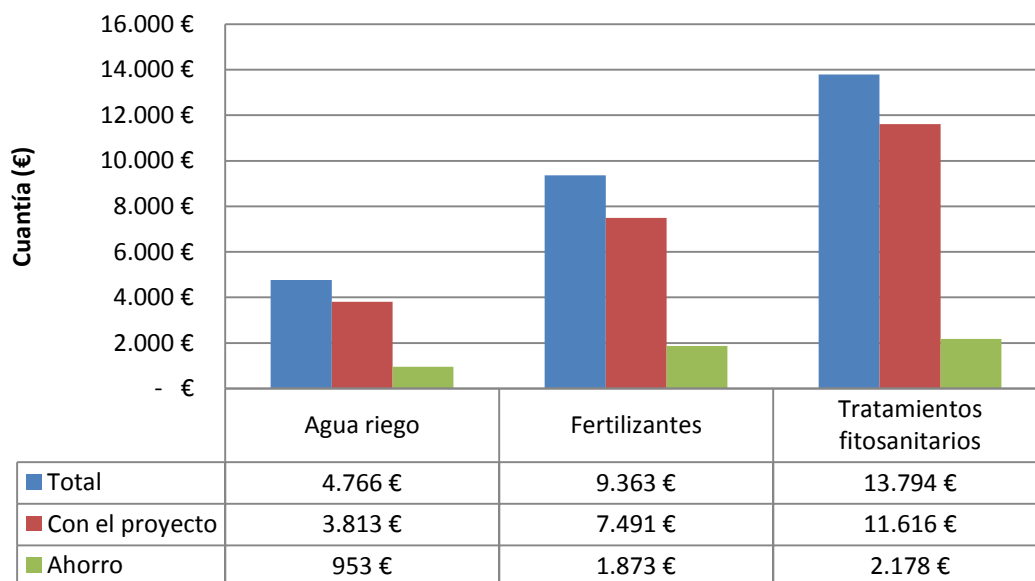


Figura 1. Evaluación del ahorro en insumos. Fuente: elaboración propia.

Análisis de ingresos por venta de uva

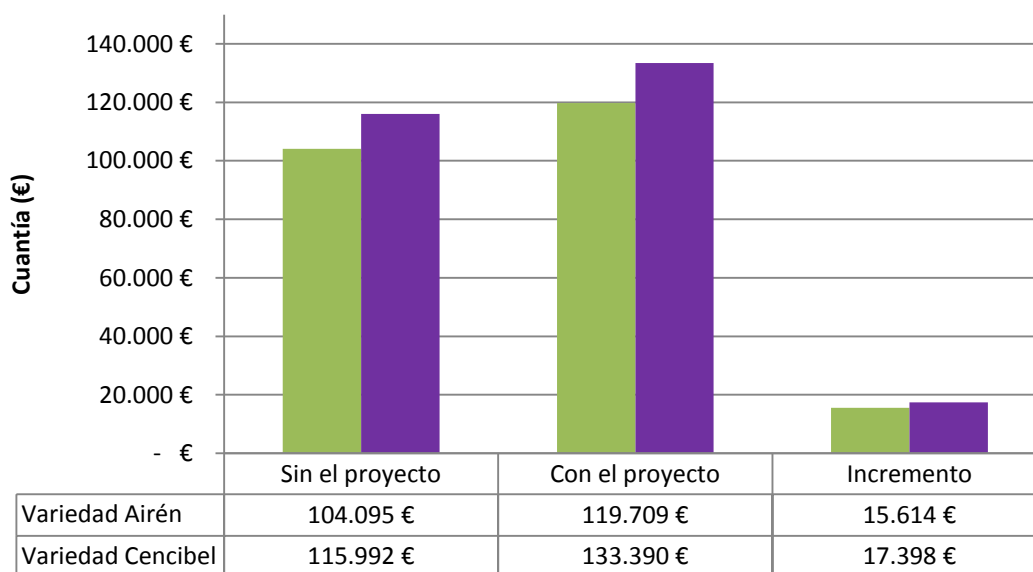


Figura 2. Análisis de ingresos por venta de uva. Fuente: elaboración propia.

Se determinaron posteriormente los flujos de caja esperados, derivados de la implantación del proyecto en la cooperativa. Para ello se tuvo en cuenta que:

- La inversión para la instalación de la red inalámbrica de sensores asciende a 46.200 €. Dicha inversión se abonará en dos anualidades, en el año 0 y el año 1.
- Los costes derivados de la implantación de las tecnologías, incluyendo la realización de los vuelos, el uso del fluorómetro y el procesamiento de los datos

ascienden a 10.320,14 €, que se abonarán anualmente durante los 5 años de la vida del proyecto.

- Los ingresos derivados del incremento en la producción y la reducción de los insumos ascienden a un total de 38.016 € al año.

Se obtuvo así el cuadro de flujos de caja para los 5 años de vida del proyecto (Tabla 17):

Tabla 17. Flujos de caja (€). Fuente: elaboración propia.

Año	Inversión	Ingresos	Costes	Flujo de caja
0	-23.100	38.016	10.320,14	4.595,86
1	-23.100	38.016	10.320,14	4.595,86
2		38.016	10.320,14	27.695,86
3		38.016	10.320,14	27.695,86
4		38.016	10.320,14	27.695,86
5		38.016	10.320,14	27.695,86

El VAN del proyecto se estimó en 57.404,44 € y la relación beneficio/inversión en 1,27, por lo que el proyecto puede considerarse económicamente viable.

9. PRESUPUESTO

El presupuesto total con IVA del proyecto y su seguimiento durante cinco años asciende a la cantidad de ciento ocho mil ciento veinte euros con ochenta y cuatro céntimos de euro (108.120,84 €).

Madrid, Junio de 2015

Fdo. Irene Calvo Díaz



“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

ANEJO I

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	2
1.1.	Normativos	2
1.2.	Socioeconómicos	3
1.3.	Climáticos	3
1.4.	Edafogeológicos	3
1.5.	Agronómicos	3
2.	ÁREA DEL PROYECTO	4
2.1.	Naturaleza del proyecto	4
2.2.	Localización.....	4
2.3.	Parcelas incluidas en el proyecto.....	5
3.	CONDICIONANTES	7
3.1.	Condicionantes del promotor.....	7
3.2.	Condicionantes climáticos.....	7
3.2.1.	Elección del observatorio	8
3.2.2.	Temperaturas	8
3.2.3.	Duración de la actividad vegetativa.....	10
3.2.4.	Integral térmica activa	11
3.2.5.	Integral térmica eficaz de Winkler y Amerine	11
3.2.6.	Régimen de heladas	12
3.2.7.	Pluviometría	13
3.2.8.	Higrometría.....	14
3.2.9.	Insolación	15
3.2.10.	Viento.....	16
3.2.11.	Evapotranspiración	16
3.2.12.	Otras observaciones meteorológicas.....	17
3.2.13.	Clasificaciones climáticas	18
3.3.	Condicionantes geológicos	18
3.4.	Condicionantes edafológicos.....	20
3.5.	Condicionantes orográficos	20
3.6.	Condicionantes hidrológicos	21
3.7.	Condicionantes externos.....	22
3.7.1.	Condicionantes socioeconómicos.....	22
3.7.2.	Principales aprovechamientos y cultivos.....	26

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

3.7.3.	Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda	27
3.7.4.	Denominación de Origen La Mancha.....	32
4.	SITUACIÓN ACTUAL	38
5.	SITUACIÓN FUTURA SIN PROYECTO	39
6.	AGRICULTURA DE PRECISIÓN: ESTADO DEL ARTE	40
6.1.	Fundamentos de la agricultura de precisión	40
6.2.	Factores condicionantes para la implantación de la agricultura de precisión	43
6.3.	Beneficios de la agricultura de precisión.....	44
6.4.	España: Situación actual, barreras y desafíos para la introducción de la agricultura de precisión	45
6.4.1.	Situación actual	45
6.4.2.	Barreras para la utilización de la agricultura de precisión.....	47
6.4.3.	Desafíos para la introducción de la agricultura de precisión en España ..	47
7.	ANÁLISIS DAFO	48
8.	REFERENCIAS	2

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización.....	5
Figura 2. Termometría 1996-2014.....	9
Figura 3. Duración del ciclo vegetativo de la vid.....	10
Figura 4. Esquema distribución de heladas..	12
Figura 5. Precipitación media mensual (mm), 1996-2014.	13
Figura 6. Humedad relativa media mensual, 1996-2014.....	15
Figura 7. Evapotranspiración media mensual, 1996-2014..	17
Figura 8. Hoja 738.....	19
Figura 9. Caracterización hidrológica Cuenca del Alto Guadiana.	22
Figura 10. Estructura de la población.....	23
Figura 11. Número de explotaciones por estudios realizados por el jefe de la explotación.	25
Figura 12. Nº de explotaciones por tramo de SAU.	26
Figura 13. Delimitaciones de la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda.	28
Figura 14. Evolución de las extracciones en el acuífero 23.	29
Figura 15. Ámbito de aplicación de la D.O. La Mancha.....	34
Figura 16. Hectáreas por provincia.	36
Figura 17. Declaración de cosecha de vino con D.O. La Mancha en 2014.....	37
Figura 18. Principales importadores (2014).	38
Figura 19. Red de satélites NAVSTAR.....	41
Figura 20. Capas SIG.	41
Figura 21. Implementación actual de un sistema de monitorización de rendimiento en una cosechadora de cereales.....	42
Figura 22. Ciclo cerrado básico de la agricultura de precisión.	43
Figura 23. CC.AA. con redes RTK públicas (azul) y vía satélite (amarillo).....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parcelas vd. Airén incluidas en el proyecto.....	6
Tabla 2. Parcelas vd. Cencibel incluidas en el proyecto..	6
Tabla 3. Valores medios de las variables climáticas.	7
Tabla 4. Termometría 1996-2014.....	8
Tabla 5. Intervalos óptimos de temperatura.	10
Tabla 6. Integral Térmica Activa, 1996-2014.	11
Tabla 7. Heladas, 1996-2014.....	12
Tabla 8. Pluviometría, 1996-2014..	13
Tabla 9. Higrometría, periodo 1996-2014, datos en porcentaje.	14
Tabla 10. Radiación e Insolación, 1996-2014.	15
Tabla 11. Viento (km/h), 1996-2014.....	16
Tabla 12. Evapotranspiración media mensual, 1996-2014.....	16
Tabla 13. Nieve, niebla y tormentas, 1996-2014.....	17
Tabla 14. Indicadores sociodemográficos.	23
Tabla 15. Indicadores económicos.	23
Tabla 16. Indicadores tecnológicos Castilla-La Mancha (I).	24
Tabla 17. Indicadores tecnológicos Castilla-La Mancha (II).	24
Tabla 18. Número de explotaciones por tramo de edad.	25
Tabla 19. Usos del suelo agrícola.....	27
Tabla 20. Estimación de superficies regadas (en ha) 2004-2008.	29
Tabla 21. Consumo de agua 2004-2008.	30
Tabla 22. Principales cultivos afectados.....	31
Tabla 23. Hectáreas por variedad.	36
Tabla 24. Comercialización en 2014 en botellas de 75 cl.	37
Tabla 25. Diferentes características del receptor.....	42
Tabla 26. Uso de monitores de cosecha en relación al volumen de ventas del agricultor. porcentaje de superficie en cada tipo de agricultor.	44
Tabla 27. Análisis DAFO.....	48

1. ANTECEDENTES

En esta sección se pretende hacer una revisión de los antecedentes normativos, socioeconómicos, climáticos, edafogeológicos y agronómicos que afectan al presente proyecto.

1.1. Normativos

- Resolución de 17 de noviembre de 2014, de Parques Nacionales, por la que se publica la aprobación por la UNESCO de la ampliación de la Reserva de la Biosfera de Montseny, Cataluña, y la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda, en Castilla-La Mancha
- Ley 18/2014, de 17 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia
- Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios
- Orden de 07/02/2011, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, designadas en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha
- Orden de 30/11/2009, de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural, por la que se regula la concesión y gestión de las ayudas a planes de reestructuración y reconversión de viñedo de Castilla-La Mancha incluidas en el Real Decreto 244/2009, de 27 de febrero, para la aplicación de las medidas del programa de apoyo al sector vitivinícola español
- Orden de 13/10/2009, de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural, por la que se establecen las normas de producción y se regulan otras características y condiciones de los vinos de la Denominación de Origen La Mancha
- Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional
- Ley 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y el Vino
- Real Decreto 329/2002, de 5 de abril, por el que se aprueba el Plan Nacional de Regadíos
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas
- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, por el que se forma un Plan Especial del Alto Guadiana
- Real Decreto 928/1989, de 21 de julio, por el que se constituye el Organismo de cuenca de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, modificado por Real Decreto 5/2006, de 13 de enero
- Ley 13/1987, de 17 de julio, sobre el Plan de Regeneración Hídrica de Las Tablas de Daimiel
- Declaración de 17 de febrero de 1981, de la UNESCO, por la que se declara la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda

- Ley 25/1980, de 3 de mayo, sobre reclasificación del Parque Nacional de Las Tablas de Damiel
- Decreto 1874/1973, de 28 de junio, por el que se declara Parque Nacional a Las Tablas de Daimiel y se crea una zona de Reserva Integral de aves acuáticas dentro del mismo
- Ley de 17 de julio de 1956, para el saneamiento y colonización de los terrenos pantanosos y enchacadzios que se extienden inmediatos a las márgenes de los ríos Guadiana, Cigüela, Záncara y afluentes
- Expediente de constitución de la Sociedad Cooperativa Nuestra Señora de la Paz de 3 de mayo de 1954

1.2. Socioeconómicos

- Datos demográficos recogidos dentro del Atlas Socioeconómico de Castilla-La Mancha (2011)
- Datos demográficos recogidos en el Censo Agrario de 2009
- Datos de desempleo actualizados a Abril de 2015 recogidos en el Servicio Público de Empleo Estatal
- Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los hogares realizada por el Instituto Nacional de Estadística en 2014

1.3. Climáticos

- Datos climáticos obtenidos de la red de estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

1.4. Edafogeológicos

- Datos edafogeológicos recogidos dentro de La Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda y la Cuenca Alta del Guadiana. Guía didáctica del medio físico y de la evolución de los paisajes., Jerez García, O. Universidad de Castilla-La Mancha, 2011.

1.5. Agronómicos

- Censo agrario 2009 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística (INE)
- Visor SIGPAC. Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas
- Visor SIGA. Sistema de Información Geográfico Agrario
- Visor Geográfico del SIA. Sistema Integrado de Información del Agua

2. ÁREA DEL PROYECTO

2.1. Naturaleza del proyecto

El objeto del presente proyecto es la selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo en la cooperativa vitícola “Nuestra Señora de la Paz”, ubicada en el término municipal de Villarta de San Juan, provincia de Ciudad Real, con CIF F13567829.

La explotación donde se va a realizar el proyecto comprende 3.500 ha, dedicadas en su totalidad a la producción de uva para vinificación, con una producción anual que ronda los 14 millones de litros. La Cooperativa produce tanto vinos blancos como tintos, y en sus viñedos cuenta con las variedades Airén, Macabeo, Cencibel o Tempranillo y Cabernet Sauvignon.

2.2. Localización

La cooperativa vitícola “Nuestra Señora de la Paz” está situada en la provincia de Ciudad Real, en el sector nororiental de la comarca de La Mancha, y comprende el término municipal de Villarta de San Juan. Limita al Norte con el municipio de Puerto Lápice, al Sur con Manzanares, al Este con Herencia y al Oeste con Arenas de San Juan. La población de más de 50.000 habitantes es Ciudad Real, la capital de la provincia, situada a 60 Km. También se encuentra enmarcada dentro de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda, y a escasos 30 Km del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel.

En la siguiente figura (Figura 1) se puede ver su emplazamiento (Latitud 39.23, Longitud -3.41):

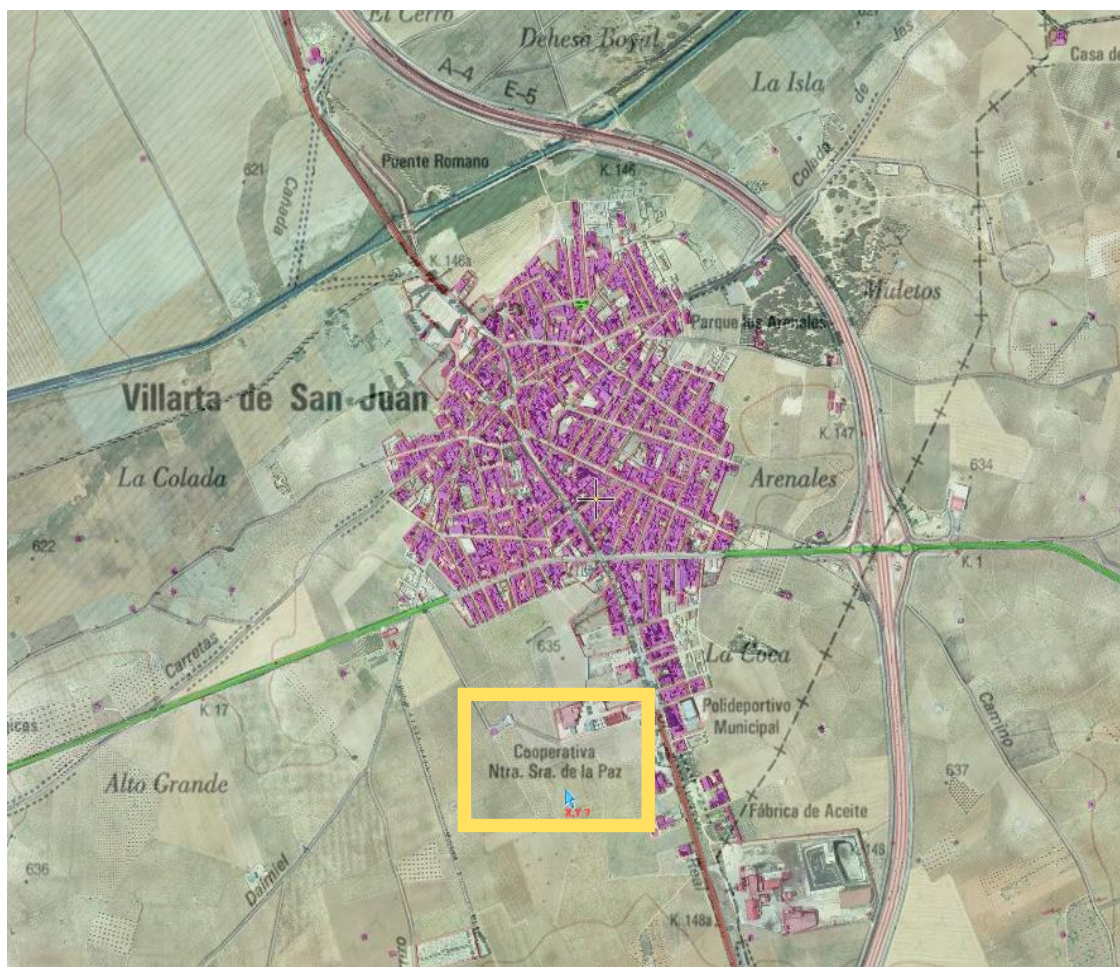


Figura 1. Localización. Fuente: sigpac.jccm.es

Cartográficamente se ubica en la Hoja 738 (20-29) a escala 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional. Está delimitada por las coordenadas geográficas 39° 16' 6.06" y 39° 13' 10.71" de la latitud Norte y 3° 25' 53.53" y 3° 24' 23.30" de la longitud Oeste, desde el Meridiano de Greenwich. La altura media sobre el nivel del mar es de 626 m.

La explotación objeto de este proyecto está situada en el polígono 4 del término municipal de Villarta de San Juan, lindante con la Autovía A4, entre los kilómetros 139 y 145, entre las localidades de Herencia y Puerto Lápice.

Se puede acceder a la totalidad de las parcelas de la Cooperativa a través de la red de caminos rurales de la zona, como el Camino Colada de las Carretas, y carreteras locales, como la CR-P-1342.

2.3. Parcelas incluidas en el proyecto

El plan pretende introducir en la zona el concepto de viticultura de precisión. Dada la reticencia en la zona a no seguir un plan tradicional de cultivo, el proyecto abarcará inicialmente 48,4 ha de las 3.500 ha de viñedo de la Cooperativa. De las 48,4 ha, 25,83 ha son de la variedad blanca Airén y 22,57 ha de la variedad tinta Tempranillo o Cencibel. Esta superficie será ampliable en el futuro si el promotor así lo solicitase.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

En las tablas 1 y 2 se recogen las parcelas incluidas dentro de cada variedad, así como su superficie y la extensión media de cada una de las variedades. También se puede encontrar resaltada en negrita la parcela que se toma como representativa, por ser su superficie próxima al valor medio de cada una de las variedades.

Tabla 1. Parcelas vd. Airén incluidas en el proyecto. Fuente: elaboración propia.

Variedad Airén				
Término municipal	Polígono	Parcela	Recinto	Superficie (ha)
Villarta de San Juan (97)	4	1	1	0,67
		2	1	0,72
		3	1	0,66
		4	1	1,1
		5	1	1,95
		6	1	1,56
		7	1	1,71
		27	1	2,04
		28	1	5,50
		29	1	1,95
		29	2	1,92
		30	1	3,91
		39	1	2,14
			Total	25,83
			Promedio	1,99

Tabla 2. Parcelas vd. Cencibel incluidas en el proyecto. Fuente: elaboración propia.

Variedad Cencibel				
Término municipal	Polígono	Parcela	Recinto	Superficie (ha)
Villarta de San Juan (97)	4	9	2	1,10
		12	1	1,01
		13	2	0,07
		14	1	1,70
		15	1	1,66
		16	1	0,51
		17	1	1,77
		18	1	0,59
		18	2	0,46
		24	1	6,63
		24	2	4,09
		24	3	0,92
		31	4	1,48
		47	1	0,58
			Total	22,57
			Promedio	1,61

3. CONDICIONANTES

3.1. Condicionantes del promotor

- Asentarse como pioneros de esta práctica en la zona apostando por la viticultura de precisión
- Cumplimiento de Buenas Prácticas Agrarias y Conservación del Medio Ambiente
- Optimización del agua de riego y del consumo de combustible
- Optimización de la producción de uva destinada a vinos con Denominación de Origen La Mancha
- Optimización de costes
- Facilidad de acceso a repuestos y accesorios
- Disponibilidad de equipos de sustitución durante el mantenimiento y reparación
- Elaborar una imagen de marca como productor I+D+i

3.2. Condicionantes climáticos

Dentro de los elementos de la producción, el clima se puede considerar una condición permanente impuesta que determina las posibilidades de éxito de la plantación vitícola. El desarrollo vegetativo y fructífero de la vid se puede considerar como una respuesta de adaptación a las condiciones climáticas del medio, determinadas principalmente por las temperaturas, la insolación y las lluvias.

La vid es una planta con unos requerimientos climáticos muy acentuados, por lo que aquellos parámetros que queden por debajo de los umbrales establecidos se pueden considerar como condicionantes de la producción.

El municipio de Villarta de San Juan presenta un clima mediterráneo continental, con los siguientes valores medios de las principales variables climáticas (Tabla 3):

Tabla 3. Valores medios de las variables climáticas. Fuente: elaboración propia a partir de datos del Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha <http://crea.uclm.es/siar/>

VARIABLE CLIMÁTICA	VALOR
Temperatura media anual	14,3 °C
Temperatura media mes más frío	4,8 °C
Temperatura media mes más cálido	25,7 °C
Precipitación media anual	391,1 mm
Precipitación invierno	112,3 mm
Precipitación primavera	126,3 mm
Precipitación verano	31,3 mm
Precipitación otoño	121,2 mm
ETo media anual	1344,4 mm
Duración media periodo libre de heladas	209 días

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

Observación: los datos que se recogen en este epígrafe son valores medios de los últimos 18 años (1996-2014).

3.2.1. Elección del observatorio

Para llevar a cabo la elección del observatorio se han tenido en cuenta diversos criterios como la distancia a la explotación, la altitud, la existencia de accidentes geográficos entre la estación y la explotación y el tipo de observatorio. De acuerdo a estos criterios, se eligió la estación termopluviométrica de Herencia (altitud: 659 m, XUTM = 471540, YUTM = 4358890), situada a 14 km al Noreste de la explotación. Previamente a esta estación se consideró la estación meteorológica que se encuentra en Villarta de San Juan, pero se descartó al ser una estación únicamente pluviométrica.

3.2.2. Temperaturas

Las temperaturas influyen de forma determinante y continua sobre el ciclo vital y anual de la vid, ya que de las condiciones externas de temperatura del medio dependerán los procesos biológicos y fisiológicos de las plantas. Tienen un efecto muy relevante concretamente en la maduración de la uva y en la composición de los vinos: temperaturas elevadas suelen llevar asociadas vinos de alta graduación alcohólica y baja acidez.

A continuación se presentan los valores más característicos, mensual y anualmente, para los últimos 18 años (1996-2014) (Tabla 4 y Fig. 2):

Tabla 4. Termometría 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
Tmm	15,2	8,5	4,9	4,8	6,1	9,0	12,6	16,9	22,5	25,7	25,1	20,4	14,3
TMA	32,2	26,1	18,5	18,3	23,6	24,7	30,1	39,2	39,2	40,2	42,6	37,7	42,6
TMM	22,3	14,5	10,6	10,6	12,5	15,5	19,5	24,2	30,4	34,2	33,4	28,0	21,3
tma	-2,2	-9,2	-11,3	-10,4	-8,1	-8,0	-1,4	0,0	5,0	0,0	8,9	0,0	-11,3
tmm	8,5	3,1	0,1	-0,3	0,2	2,6	5,5	8,9	13,5	15,5	15,6	12,7	7,2

Datos en °C, donde:

- Tmm = Temperatura media de medias
- TMA = Temperatura Máxima Absoluta
- TMM = Temperatura Media de Máximas
- tma = temperatura mínima absoluta
- tmm = temperatura media de mínimas

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

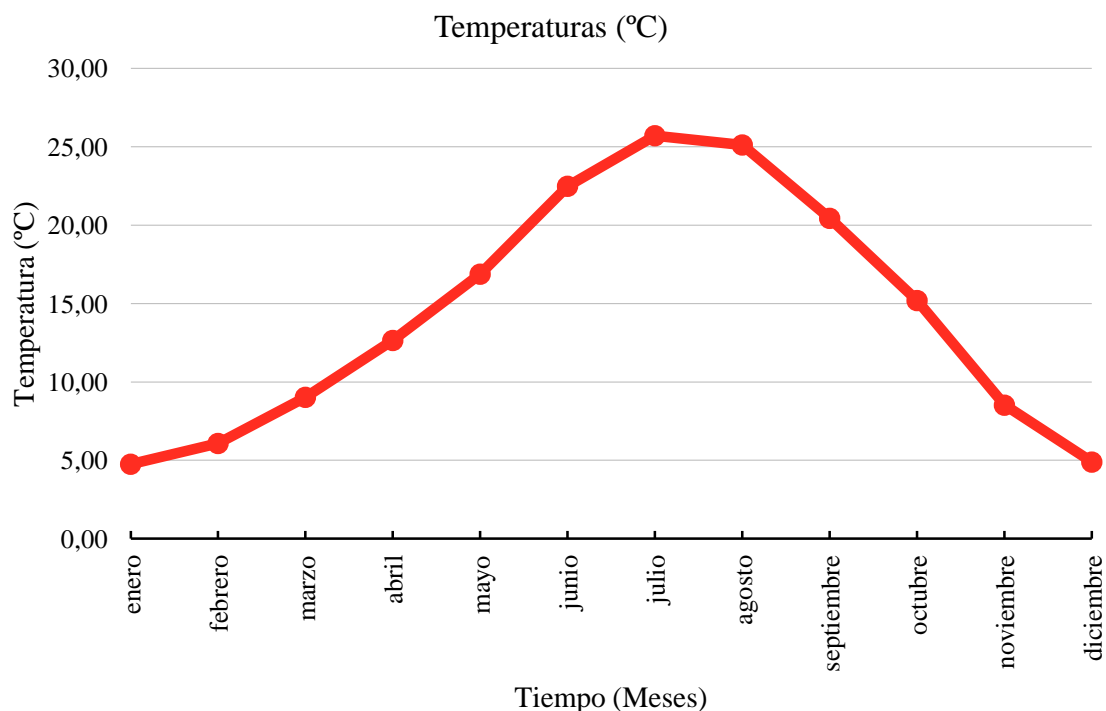


Figura 2. Termometría 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

Para el cultivo de la vid se considera que las temperaturas medias anuales no deben ser inferiores a 9°C, con el intervalo óptimo de desarrollo entre 11°C y 19°C y un máximo de tolerancia alrededor de 40°C. En el caso de la explotación se considera, que al ser su temperatura media anual 14,3°C, se encuentra dentro de las temperaturas idóneas para el desarrollo del cultivo.

En lo que respecta a las temperaturas medias (Tmm), el mes más frío es Enero, con una temperatura media de 4,8°C, y el mes más cálido es Julio, con una temperatura media de 25,7°C.

Durante el invierno la vid puede llegar a resistir hasta -20°C, si bien las vides viejas y vigorosas aguantan mejor que las jóvenes. Se debe prestar especial atención a las heladas tardías por debajo de los -2°C, que pueden llegar a destruir toda la cosecha.

Respecto a la temperatura media de mínimas (tmm), la más baja se registra en el mes de Enero, con -0,3°C, mientras que la temperatura mínima absoluta (tma) se alcanza en el mes de Diciembre, llegándose a los -11,3°C.

En la estación estival, temperaturas demasiado altas pueden quemar las hojas y los racimos, especialmente si van acompañadas de aire seco. El calor adelanta la maduración de los frutos y favorece la formación de azúcares, con el consecuente incremento en la graduación alcohólica de los vinos.

En referencia a la temperatura media de máximas (TMM), la más alta se registra en el mes de Julio con 34,2°C, mientras que la temperatura máxima absoluta (TMA) se alcanza en el mes de Agosto, llegándose a los 42,6°C.

También es recomendable cierta periodicidad en los valores de temperaturas. Es conveniente una diferencia marcada de temperaturas del invierno al verano, que en el

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

caso de la explotación será la diferencia entre la media de máximas del mes más cálido ($34,2^{\circ}\text{C}$) y la media de mínimas del mes más frío ($-0,3^{\circ}\text{C}$), es decir, $34,5^{\circ}\text{C}$, lo que se considera un valor adecuado para la vid.

La diferencia de temperaturas también se hace necesaria en el periodo de maduración de las uvas, aproximadamente durante el mes de Agosto. En este mes la oscilación media será la diferencia entre la temperatura media de máximas ($33,4^{\circ}\text{C}$) y la temperatura media de mínimas ($15,6^{\circ}\text{C}$), es decir, $17,8^{\circ}\text{C}$.

De forma general se consideran las siguientes temperaturas óptimas para las diferentes etapas de desarrollo (Tabla 5)

Tabla 5. Intervalos óptimos de temperatura. Fuente: Tratado de Viticultura General (2002), Hidalgo L.

Etapas de desarrollo	Temperatura óptima ($^{\circ}\text{C}$)
Apertura de yemas	9-10
Floración	18-22
Floración a Cambio de color de las hojas	22-26
Cambio de color a Maduración	20-24
Vendimia	18-22

3.2.3. Duración de la actividad vegetativa

Se considera como “cero vegetativo” la temperatura de 10°C , si bien por encima de los 5°C se puede iniciar el desarrollo. La cifra del cero vegetativo sirve para determinar el periodo activo de vegetación. Desde los 10°C hasta los 25°C aumenta la actividad de la vid, con un óptimo entre 25°C y 32°C ; empieza a disminuir a partir de los 30°C y al llegar a los 40°C el crecimiento se detiene prácticamente.

Por lo tanto, el número de días en los que las temperaturas medias superen los 10°C conformará la duración de la actividad vegetativa de la vid en la explotación (Fig. 3).

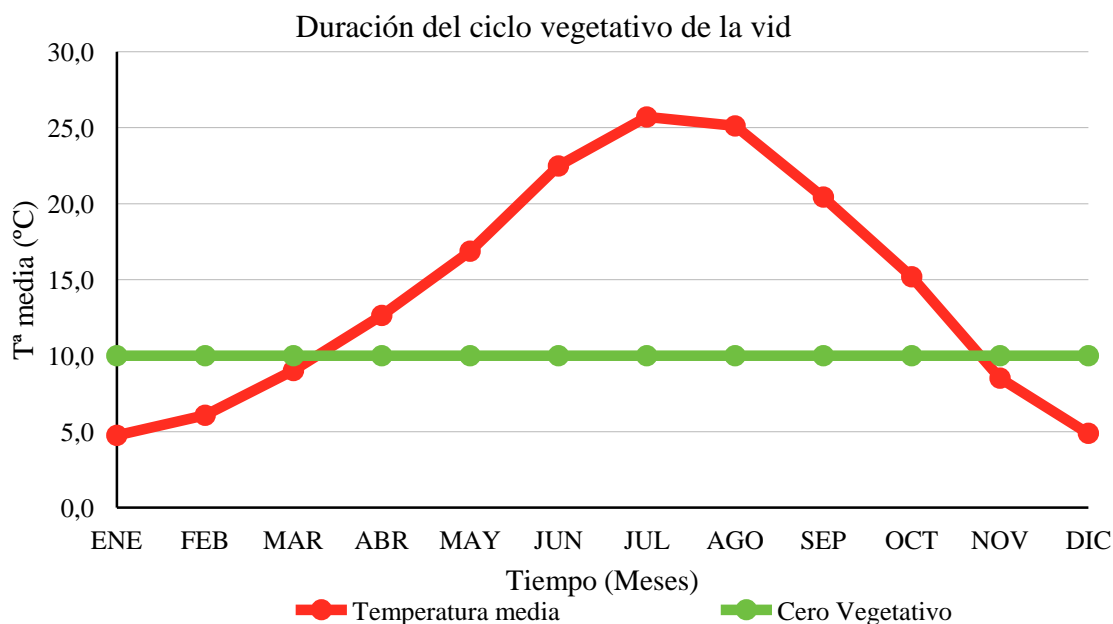


Figura 3. Duración del ciclo vegetativo de la vid. Fuente: elaboración propia

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

De acuerdo a los datos obtenidos de la estación de Herencia, la duración del ciclo vegetativo se estima en 224 días, desde el 10 de marzo hasta el 20 de octubre.

3.2.4. Integral térmica activa

La integral térmica activa permite caracterizar térmicamente cada zona vitícola mediante la época de maduración. Su valor se obtiene de la expresión $Ita = \sum Ta$, donde Ta representa las temperaturas medias diarias por encima del cero vegetativo (10°C) durante el periodo de actividad vegetativa.

Para la explotación, la integral térmica activa es la siguiente (Tabla 6)

Tabla 6. Integral Térmica Activa, 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

Fecha	Días	Tm ($^{\circ}\text{C}$)	Días · Tm
Marzo	21	9,0	189,4
Abril	30	12,6	379,5
Mayo	31	16,9	523,1
Junio	30	22,5	674,4
Julio	31	25,7	796,8
Agosto	31	25,1	778,5
Septiembre	30	20,4	613,1
Octubre	20	15,2	303,9
		Ita =	4.258,6

Según la tabla anterior (Tabla 6), la integral térmica activa tiene un valor de $4.258,6^{\circ}\text{C}$, lo que sitúa a la explotación en la zona de maduración V.

3.2.5. Integral térmica eficaz de Winkler y Amerine

La integral térmica de Winkler y Amerine es la suma de las temperaturas medias eficaces, Te , es decir, la temperatura media del día menos 10°C , durante el periodo de actividad vegetativa:

$$Te = Tm - 10$$

$$Ite = \text{sumatorio del periodo de actividad vegetativa de } Te$$

También se puede determinar a partir del valor conocido de la integral térmica activa:

$$Ite = Ita - 10 \cdot n^{\circ} \text{ días ciclo} = 4258,6 - 10 \cdot 224 = 2018,6^{\circ}\text{C}$$

Este valor se sitúa dentro de la región IV, definida por los autores como una zona donde “los vinos blancos comunes y tintos de mesa son satisfactorios si se producen de variedades con acidez alta”. También se considera una zona de posible riego.

Habiendo considerado diversos aspectos relacionados con las temperaturas en la zona en la que se ubica la explotación, se puede afirmar que ésta reúne las características suficientes para que el desarrollo de las plantas no se vea afectado por accidentes termométricos relevantes.

3.2.6. Régimen de heladas

Se debe conocer el régimen de heladas ya que, como se ha comentado anteriormente, la vid es especialmente sensible a las heladas invernales por debajo de los -15°C y a las heladas primaverales, cuando la planta se encuentra en los primeros estados de desarrollo.

A continuación se recoge el número medio mensual/anual de días de helada para la serie 1996-2014 (Tabla 7):

Tabla 7. Heladas, 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
DH	0	4	8	10	5	2	0	0	0	0	0	0	29

Para determinar el régimen de heladas se seguirá el criterio de Emberger, donde t es la temperatura media de mínimas:

- $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ Heladas seguras: del 17 de diciembre al 25 de febrero
- $0 < t < 3^{\circ}\text{C}$ Heladas frecuentes: del 12 de noviembre al 30 de marzo
- $3 < t < 7^{\circ}\text{C}$ Heladas poco frecuentes: del 7 de noviembre al 10 de abril
- $t \geq 7^{\circ}\text{C}$ Libre de heladas: del 11 de abril al 6 de noviembre

Se definen así el periodo extremo de heladas desde el 7 de noviembre hasta el 10 de abril (155 días) y el periodo medio libre de heladas desde el 11 de abril hasta el 6 de noviembre (209 días).

Se establece también la siguiente distribución de fechas (Fig. 4):

- Fecha extrema de primera helada: 7 de noviembre
- Fecha extrema de última helada: 10 de abril
- Fecha media de primera helada: 12 de noviembre
- Fecha media de última helada: 30 de marzo



Figura 4. Esquema distribución de heladas. Fuente: elaboración propia.

3.2.7. Pluviometría

La vid presenta una buena adaptación a la sequía, pudiendo vegetar con escasas precipitaciones una vez se hayan cubierto sus necesidades básicas. Por el contrario, un exceso de pluviometría puede acarrear problemas fitosanitarios y de desarrollo que provoquen disminuciones en el rendimiento y en la calidad final de la cosecha.

A continuación se indican los datos de precipitación anual y mensual en mm para la serie 1996-2014, tomados de la estación de Herencia (Tabla 8, Fig. 5):

Tabla 8. Pluviometría, 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
P (mm)	45,9	39,1	38,7	31,4	38,1	45	51,5	47,8	19,9	3,4	4,9	25,3	391

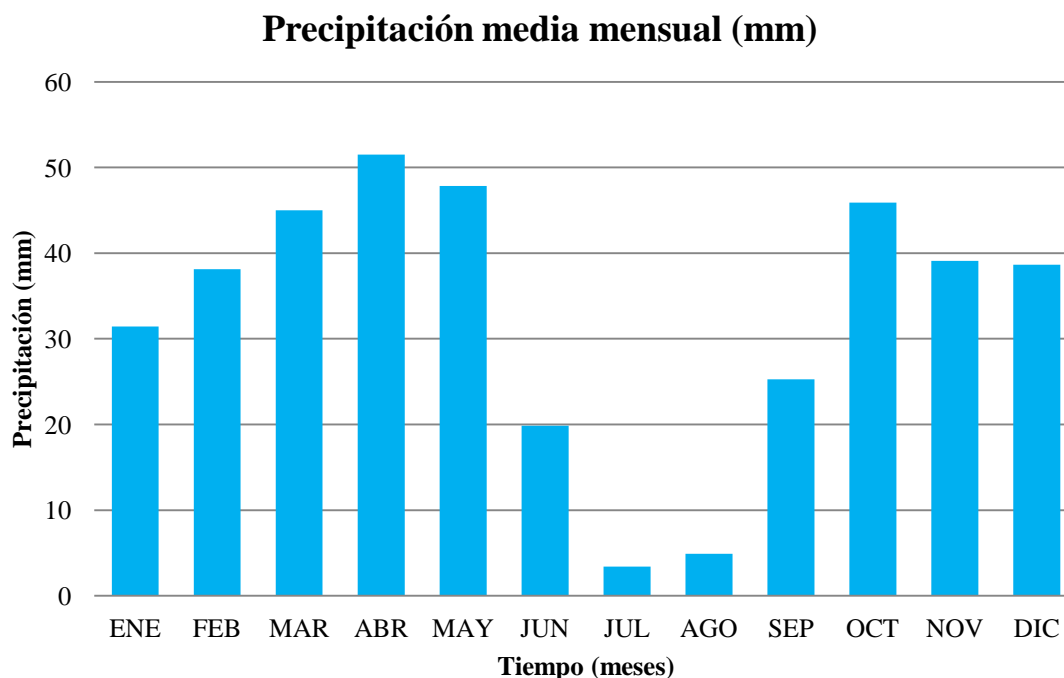


Figura 5. Precipitación media mensual (mm), 1996-2014. Fuente: elaboración propia

De los datos recogidos en la estación, se puede extraer:

- Precipitación media anual: 391,1 mm
- Precipitación en invierno: 112,3 mm
- Precipitación en primavera: 126,3 mm
- Precipitación en verano: 31,3 mm
- Precipitación en otoño: 121,2 mm

Las lluvias de invierno coinciden con la parada vegetativa de la vid, por lo que su aprovechamiento se basa en su almacenamiento en el suelo, favoreciendo la acumulación de reservas hídricas para los periodos desfavorables. Las lluvias de la

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

primavera favorecen el desarrollo de la planta, aunque si son excesivas se incrementa el riesgo de aparición de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, la coincidencia del periodo seco con la maduración es favorable para la calidad de la cosecha, aumentándose el contenido en azúcares de las bayas.

3.2.8. Higrometría

La humedad relativa es consecuencia de las variables meteorológicas y de la topografía de la zona. Ya que la explotación cuenta con riego por goteo, es necesario estudiar los periodos en los que la humedad relativa descienda por debajo del 40%, ya que habrá que aplicar riegos para reducir el riesgo de estrés hídrico. Los óptimos higrométricos para la actividad fotosintética se sitúan entre el 60 y 70%, si bien por encima del 80% pueden aparecer las enfermedades criptogámicas ya mencionadas.

A continuación se muestran los datos referentes a humedad relativa para el periodo 1996-2014 (Tabla 9, Fig. 6):

Tabla 9. Higrometría, periodo 1996-2014, datos en porcentaje. Fuente: elaboración propia.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
Hmm	64,8	76,1	81,8	81,1	72,1	66,2	64,1	55,3	44,9	33,8	38,2	52,1	60,9
HMA	96,7	97,7	98,2	98,4	97,9	97,0	96,8	95,8	94,6	86,9	90,4	95,6	98,4
HMM	85,4	90,8	90,6	89,2	87,3	82,1	76,3	69,8	68,0	48,9	31,2	83,8	75,3
hma	10,1	29,0	30,4	26,1	16,5	15,5	12,5	8,2	9,6	7,5	9,0	11,4	7,5
hmm	43,0	53,3	55,7	38,6	39,4	30,4	27,6	19,1	15,5	14,6	14,2	29,3	31,7

Donde:

- Hmm = Humedad relativa media de medias
- HMA = Humedad relativa Máxima Absoluta
- HMM = Humedad relativa Media de Máximas
- hma = Humedad relativa mínima absoluta
- hmm = Humedad relativa media de mínimas

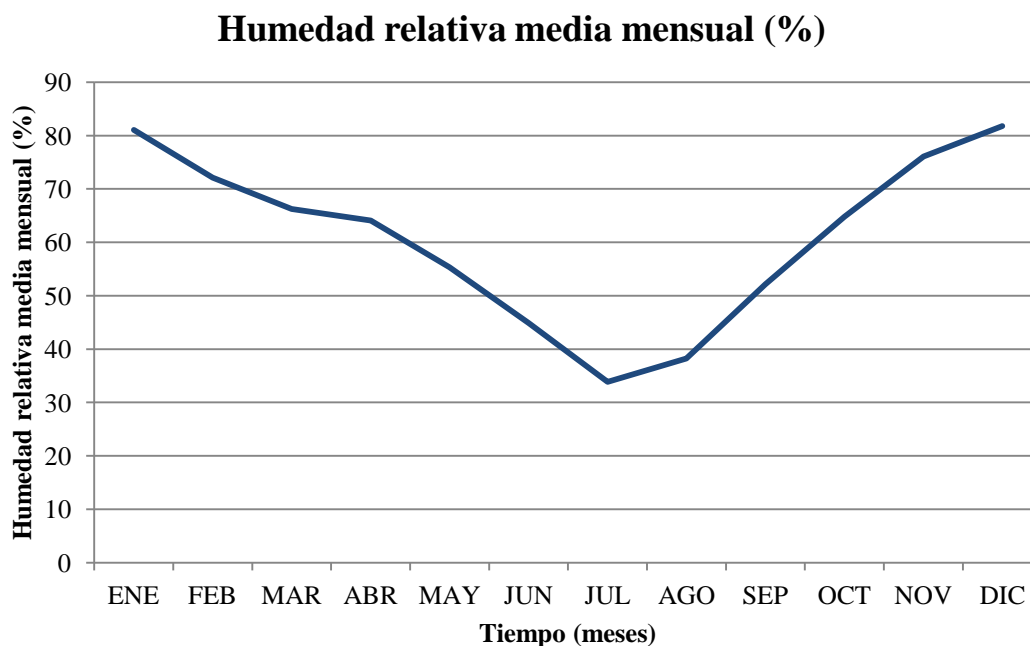


Figura 6. Humedad relativa media mensual, 1996-2014. Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, hay una gran oscilación entre el mes con mayor humedad relativa media (Diciembre, 81,8%) y el mes con el valor más bajo (Julio, 33,8%).

3.2.9. Insolación

La vid necesita al menos 1.600 horas de sol anuales, de las que al menos 1.200 deben corresponderse con el periodo de vegetación, ya que la insolación tiene gran influencia sobre la inducción floral y la calidad y cuantía de la cosecha. Los climas con alta intensidad luminosa favorecen el agostamiento, la fertilidad, la baja acidez y la precocidad, así como la riqueza en azúcares y en materia colorante.

A continuación se indican los datos referentes a la insolación para la serie 1996-2014, tomados de la estación de Herencia (Tabla 10):

Tabla 10. Radiación e Insolación, 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
RS_m	13,8	9,1	7,3	8,6	12,6	17,4	21,1	29,1	27,7	32,1	25,8	19,6	18,7
HS_{mm}	285,0	227,8	214,4	243,8	264,9	333,1	339,3	380,3	386,7	446,4	380,4	321,6	3823,7
HS_{md}	9,2	7,6	6,9	7,9	9,5	10,7	11,3	12,3	12,9	14,4	12,3	10,7	10,5

Donde:

RS_m = Radiación Solar media (MJ/m²)

HS_{mm} = Número medio mensual/anual de horas de sol

HS_{md} = Número medio diario de horas de sol

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

Como se puede observar en la tabla 10, las horas de sol en la zona de la explotación superan ampliamente las necesidades mínimas de 1.600 horas que la vid presenta. El mes de julio es el que presenta mayor número de horas de sol, con un valor de 446,4, lo que equivale a una media de 14,4 horas de sol al día. El mes con una insolación menor es el mes de diciembre, con un total de 243,8, lo que equivale a 6,9 horas de sol diarias como promedio.

3.2.10. Viento

El viento es un factor determinante en la aireación y ventilación del viñedo, ya que favorece la pérdida de agua por evapotranspiración. En cambio, si las rachas de viento alcanzan valores por encima de 16 km/h pueden llegar a causar grandes daños en la planta y en la cosecha.

A continuación se muestran los valores medios y máximos de viento, para la serie 1996-2014 (Tabla 11):

Tabla 11. Viento (km/h), 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
V	5,9	6,5	6,7	6,5	7,6	8,8	7,4	6,5	6,3	6,3	6,5	6,3	6,8

Como se puede apreciar, los valores medios de velocidad del viento están por debajo de los 16 km/h a partir de los cuales se empezarían a registrar daños.

3.2.11. Evapotranspiración

Otro de los factores determinantes del éxito de la explotación es la evapotranspiración potencial del medio, que indica las pérdidas naturales de agua por evaporación y transpiración, un dato muy relevante a la hora de evaluar las necesidades hídricas del cultivo.

A continuación se muestran los valores de evapotranspiración media mensual (ET_o, en mm) por el método de Penman-Monnteith (Tabla 12, Fig. 7):

Tabla 12. Evapotranspiración media mensual, 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
ET _o	77,82	39,78	26,95	33,30	51,59	88,47	109,44	176,38	184,56	236,58	191,76	127,79

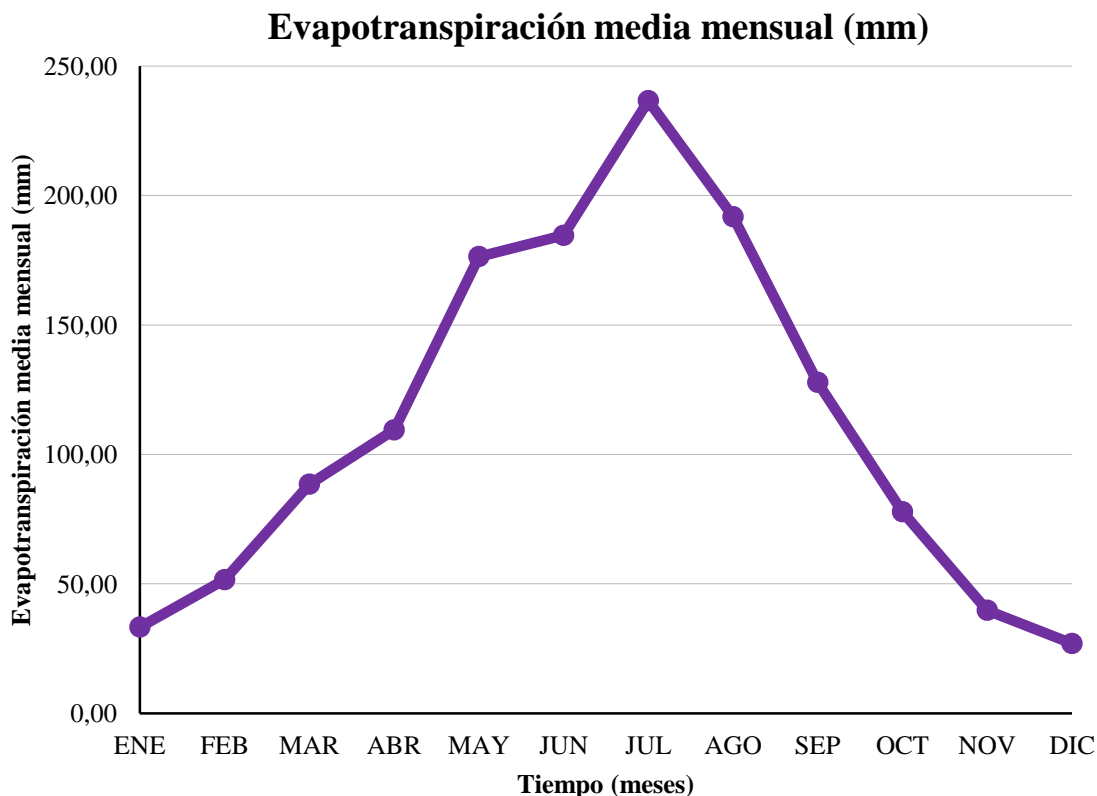


Figura 7. Evapotranspiración media mensual, 1996-2014. Fuente: elaboración propia.

Los mayores valores de evapotranspiración se registran en el mes de julio, coincidiendo con la máxima temperatura media mensual, y los valores más bajos en diciembre y enero, los meses con las temperaturas medias mensuales más bajas.

3.2.12. Otras observaciones meteorológicas

Dada la latitud y la altitud del municipio, las precipitaciones suelen ser en su mayoría en forma de lluvia. Se producen episodios puntuales de nevadas entre los meses de diciembre y marzo, con valores mayores en febrero. También se han registrado días de niebla entre octubre y mayo, y días de tormenta especialmente concentrados en la época estival.

A continuación se recogen los datos mensuales medios para la serie 1996-2014 en relación a estos fenómenos (Tabla 13):

Tabla 13. Nieve, niebla y tormentas, 1996-2014. Fuente: elaboración propia

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
DN	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	5
DF	3	8	9	8	5	2	1	1	0	0	0	0	37
DT	1	0	0	0	0	0	1	2	3	3	2	2	14

Donde,

- DN: Número medio mensual/anual de días de nieve

- DF: Número medio mensual/anual de días de niebla
- DT: Número medio mensual/anual de tormentas

Al tener una incidencia mínima estos parámetros no se consideran condicionantes para el cultivo.

3.2.13. Clasificaciones climáticas

La clasificación climática de Papadakis se basa en la ecología de los cultivos. Establece un tipo de verano y de invierno, que definen un régimen térmico. La pluviometría y el balance de agua en el suelo determinan a su vez un régimen hídrico:

- Tipo de clima: Mediterráneo templado
- Tipo de invierno: Avena cálido (Av)
- Tipo de verano: Maíz (M)
- Régimen térmico: Templado cálido (TE)
- Régimen de humedad: Mediterráneo húmedo (ME)

3.3. Condicionantes geológicos

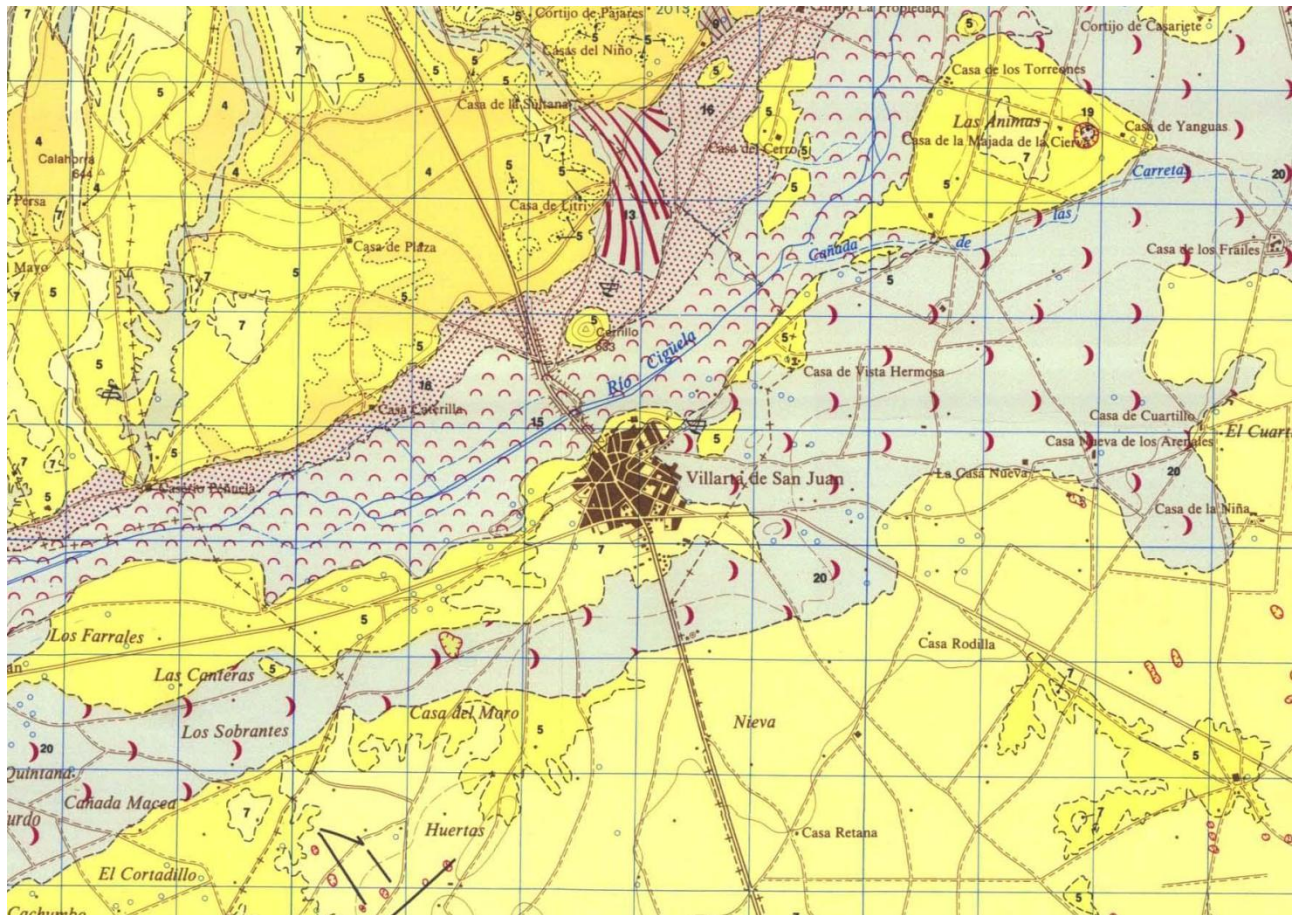
La Hoja 738 del Mapa Geológico de España, en el que se encuentra el término municipal de Villarta de San Juan, se sitúa entre la depresión tectónica que configura la Llanura Manchega y la Cuenca de la Depresión del Tajo, al Sur y al Norte respectivamente. La hoja queda delimitada así como una especie de corredor, que separa materiales de distintas épocas y naturaleza.

El río Cigüela junto al Záncara forma parcialmente la llanura aluvial de San Juan, si bien gran parte del cauce de estos ríos se encuentra canalizado en la actualidad.

De acuerdo a la Hoja 738, la zona en la que se encuentra la explotación cuenta principalmente con materiales del Cuaternario, concretamente del Holoceno y con algunas afloraciones del Terciario Superior (Fig. 8):

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida



LEYENDA

ORDOVIC.	TERCIAR.	CUATERNARIO		
		PLEISTOCENO	HOLOCENO	
NEOGENO	PLEISTOCENO	SUPERIOR		
				MEDIO
		SUPERIOR		
				MEDIO
		SUPERIOR		
				MEDIO
		SUPERIOR		
MEDIO				
	INFERIOR			
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			
		INFERIOR		
SUPERIOR				
	MEDIO			

Los materiales pertenecientes al Cuaternario están representados por materiales de fondo del valle del río Cigüela y por abanicos aluviales, y están formados en su mayoría por sedimentos aluviales, con abundantes materiales detríticos finos, de tonos pardo-grisáceos, como arenas, limos, carbonatos y cantos de cuarcita.

La presencia de estos materiales se ve muy afectada por las condiciones climatológicas locales. En el periodo estival, donde se concentran los mayores episodios de evapotranspiración, se produce el ascenso por capilaridad de numerosas sales procedentes de aguas subterráneas, originando eflorescencias salinas y costras blanquecinas.

3.4. Condicionantes edafológicos

De acuerdo con los estudios de campo publicados por Pérez González (1995), los suelos de la zona tienen frecuentemente horizontes genéticos (A) ócricos muy delgados y duros, debido al descenso del nivel freático y los elevados valores de evapotranspiración en el periodo estival, como ya se comentó en el apartado anterior. Estos horizontes A tienen generalmente colores blanquecinos, debido a la presencia de yesos, carbonatos, sílice y sales de fácil disolución.

En lo referente al contenido en materia orgánica, es destacable su reducción a partir de los primeros 8-10 cm, dada la presencia de carbonatos y yesos, llegando a valores comprendidos entre el 0,2 y el 0,9% por debajo de los 20 cm de profundidad.

Los suelos tienen en su mayoría propiedades calcáreas, si bien las concentraciones de carbonatos disminuyen con la profundidad. En periodos de elevada evapotranspiración estival, las calizas tiránicas, jurásicas o miocenas, cargadas de carbonatos, quedarán fijados al suelo.

El pH medio oscila entre valores neutros y ligeramente alcalinos (7,3-8,2).

Respecto a la textura, los suelos son predominantemente suelos francos con texturas de moderadamente gruesas (franco-arenosas) a moderadamente finas (franco-arcillosa-arenosa y franco-arcillosa). Cabe destacar que los suelos de la zona, dada la proliferación de explotaciones con cultivos en regadío y el endorreísmo propio de la Llanura Manchega, tienen un alto riesgo de estar contaminados por fertilizantes y pesticidas.

3.5. Condicionantes orográficos

La Llanura Manchega forma parte de la Meseta Central de la Península Ibérica. Se caracteriza por su homogeneidad alrededor de los 625 m de altitud, con escasas pendientes y desniveles, lo que hace que sea una llanura aluvial bastante uniforme.

Como relieve significativo destaca la Sierra de la Calderina, ubicada al Noroccidente del municipio, y que apenas supera los 1.100 m.

Esta uniformidad topográfica hace que la zona se considere como óptima para la instalación de regadíos, ya que las obras previas de nivelación serían mínimas.

3.6. Condicionantes hidrológicos

La zona en la que se ubica el proyecto se encuadra dentro de la cuenca del Alto Guadiana, en la Confederación Hidrográfica del río Guadiana. El río Guadiana cuenta con numerosos afluentes, como el río Cigüela, Záncara y Azuer, que forman la fuente de abastecimiento de las distintas comunidades de regantes, así como de la red de drenajes. De estos afluentes, el más próximo al término municipal de Villarta de San Juan es el río Cigüela, que nace en los Altos de Cabrejas, en la provincia de Cuenca, y confluye en Las Tablas de Daimiel junto con el río Guadiana, aportando aguas de tipo sulfatado, cálcico-magnésico e hipersalinas. Con un curso de 155 km, su aportación natural a la Cuenca del Guadiana es de 9,23 hm³. Cabe destacar que la cuenca del río Cigüela es en general poco permeable, con caudales muy irregulares que responden rápidamente ante episodios de precipitación

La mayoría de las extracciones con fines agrícolas se vinieron haciendo históricamente del acuífero 23, acuífero de la “Mancha occidental” o Unidad Hidrogeológica 04.04, con una superficie de 5.500 km², que tal y como se puede observar en la figura 9, es el que se encuentra en el término municipal en estudio, si bien comprende las provincias de Ciudad Real, Cuenca y Albacete. A principios de la década de los 80 se constató que las extracciones que se venían haciendo desde la década de los 50 eran muy superiores a la recarga natural del acuífero, y finalmente en 1994 se produjo la declaración definitiva de sobreexplotación y la aprobación del Plan de Ordenación de las Extracciones por la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Se impusieron así una serie de limitaciones y restricciones impuestas de forma obligatoria a los usuarios del agua en todo el ámbito territorial del Acuífero 23. La más negativa de estas restricciones fue la reducción en más de un 50% de las dotaciones de agua legalmente establecidas, quedando así consumos máximos de 1.955 m³/ha para la mayoría de los regantes y de 1.500 m³/ha para viñas.

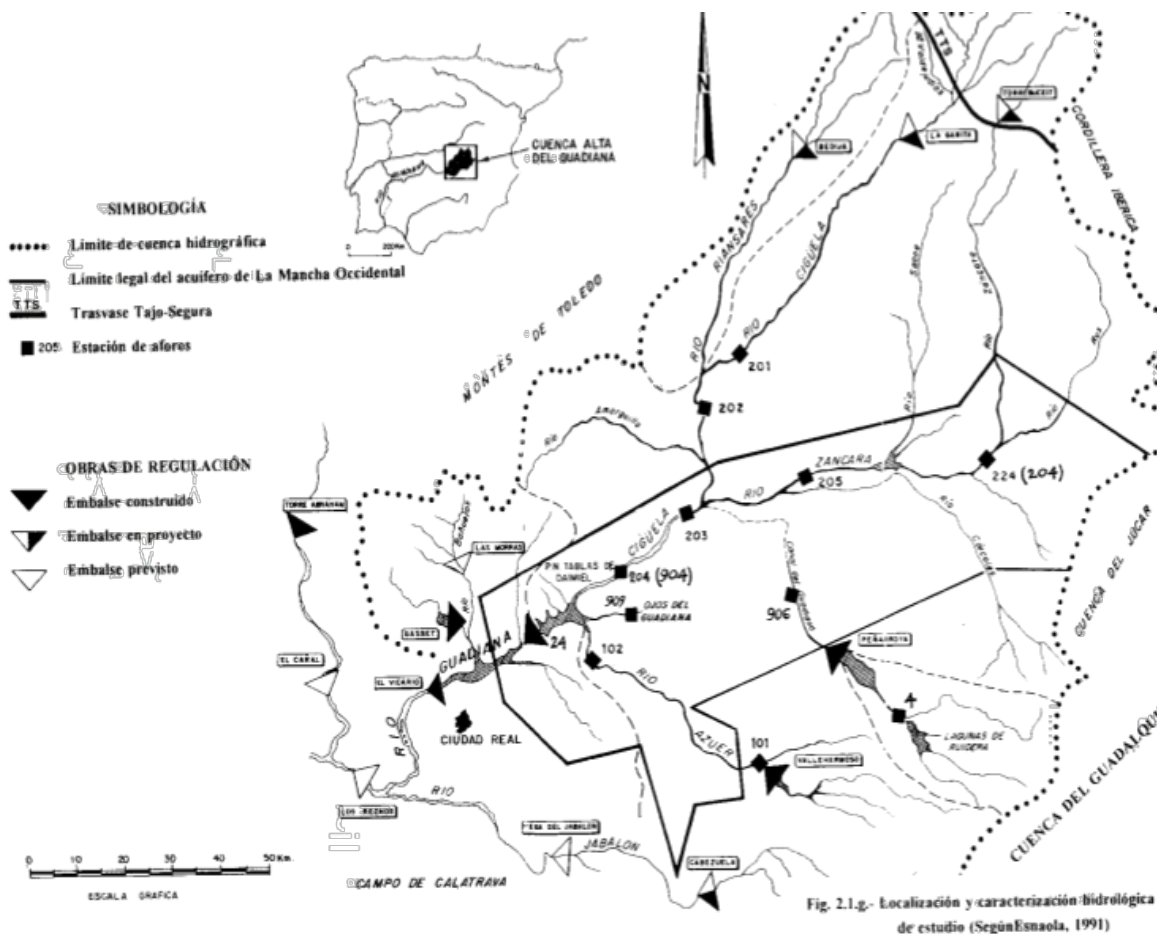


Fig. 2.1.g.- Localización y caracterización hidrológica de estudio (Según Esnaola, 1991)

Figura 9. Caracterización hidrológica Cuenca del Alto Guadiana. Fuente: <http://biblioteca.ucm.es/>

3.7. Condicionantes externos

3.7.1. Condicionantes socioeconómicos

La población del municipio de Villarta de San Juan, de acuerdo a datos del censo poblacional de 2013 del INE, es de 3.026 habitantes, con una densidad poblacional de 45,84 hab/km².

Actualmente es una población con cierta tendencia al envejecimiento, siendo el grupo de mayor densidad poblacional el de los varones con edades comprendidas entre los 40 y 44 años, tal y como se puede observar en la figura 10, confeccionada con datos pertenecientes al padrón del año 2010, y en la tabla 14, con datos obtenidos de Atlas Socioeconómico de Castilla-La Mancha (2011).

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

Tabla 14. Indicadores sociodemográficos. Fuente: <http://www.ies.jccm.es/estadisticas>

Edad media poblacional total	41,3
Edad media poblacional varones	40,2
Edad media poblacional mujeres	42,5
Índice de infancia	14,9%
Índice de juventud	19,2%
Índice de vejez (65-84 años)	17,1%
Índice de sobrevejez (85 años y más)	2,3%

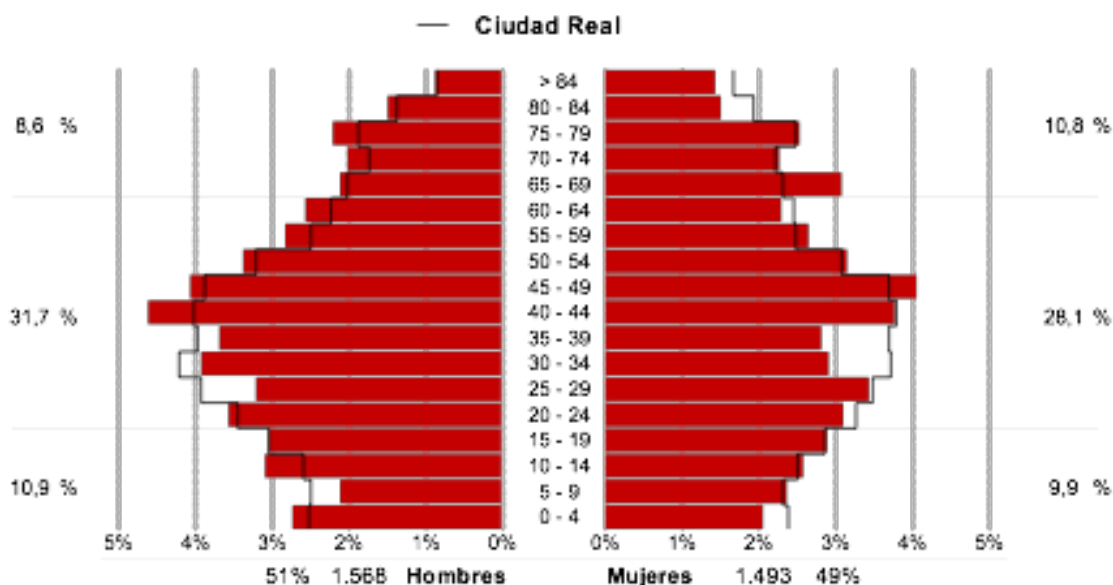


Figura 10. Estructura de la población. Fuente: <http://www.ies.jccm.es/estadisticas>

El Atlas Socioeconómico de Castilla-La Mancha, publicado en 2011, recoge los siguientes indicadores económicos (Tabla 15):

Tabla 15. Indicadores económicos. Fuente: <http://www.ies.jccm.es/estadisticas>

Renta media disponible de la Comunidad	12.658 €/hab
Renta media disponible de la Provincia	12.882 €/hab
Renta media disponible del Municipio	12.039 €/hab
P.I.B. de la Comunidad	18.872 €/hab
P.I.B. de la Provincia	19.871 €/hab
P.I.B. del Municipio	21.804 €/hab
Índice de productividad de la Comunidad	100
Índice de productividad de la Provincia	113
Índice de productividad del Municipio	113

Como se puede observar en la Tabla 14, si bien la renta media disponible en el Municipio es menor que la en la Comunidad y en la Provincia, el P.I.B. es casi 3000€/hab y 2000€/hab mayor que el de Castilla-La Mancha y el de Ciudad Real, respectivamente.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

En lo que respecta a la distribución sectorial del empleo, la agricultura tiene una importancia relevante, ya que más del 30% de las empresas del municipio están relacionadas con este sector, si bien el sector servicios ocupa el 43% de las empresas. El sector agrario cuenta en Villarta de San Juan con 209 UTAS, según el Censo Agrario de 2009.

La población desempleada (según datos del Servicio Público de Empleo Estatal, a Abril de 2015) alcanzaba las 359 personas, siendo el sector servicios el que más paro registra, con un total de 219 personas, seguido del sector primario, con 89 desempleados.

Dado el carácter tecnológico de este proyecto, es importante resaltar los datos recogidos en la Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los hogares (2014), que recoge datos tanto a nivel nacional como a nivel autonómico (Tablas 16 y 17):

Tabla 16. Indicadores tecnológicos Castilla-La Mancha (I). Fuente: <http://www.ine.es>

Viviendas con conexión de Banda Ancha en 2006	19,9%
Viviendas con conexión de Banda Ancha en 2014	65,6%
Viviendas que teniendo ordenador tienen acceso a internet	90,4%
Viviendas que teniendo ordenador no tienen acceso a internet	9,6%
Viviendas con teléfono móvil en 2006	85,5%
Viviendas con teléfono móvil en 2014	94,9%
Personas que han utilizado internet en los últimos 12 meses	1.106.883
Personas que han utilizado internet en los últimos 12 meses para obtener información de páginas web de la Administración	62,5%
Personas que han utilizado internet en los últimos 12 meses para descargar formularios oficiales	48,6%
Personas que han utilizado internet en los últimos 12 meses para enviar formularios completados	42,9%
Personas que no enviaron formularios completados a las A.P. a través de Internet, teniendo necesidad de presentar tales documentos, por falta de habilidades o conocimientos	42.991

Tabla 17. Indicadores tecnológicos Castilla-La Mancha (II). Fuente: <http://www.ine.es>

Personas que han utilizado Internet en los últimos 3 meses	
Estudios terminados: E.S.O.	73,4%
Estudios terminados: Bachillerato	92,6%
Estudios terminados: FP Grado Superior	96,7%
Estudios terminados: Diplomara	96,4%
Estudios terminados: Licenciatura y máster	100%
Ingresos mensuales netos del hogar: menos de 900 euros	50,2%
Ingresos mensuales netos del hogar: de 901 a 1.600 euros	79,5%
Ingresos mensuales netos del hogar: de 1.600 a 2.500 euros	88,3%
Edad: de 16 a 24 años	94,6%
Edad: de 25 a 34 años	90,9%
Edad: de 35 a 44 años	89,8%
Edad: de 45 a 54 años	72,6%
Edad: de 55 a 64 años	49,1%
Edad: de 65 a 74 años	8,6%

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

De las tablas anteriores se puede deducir que el uso de la tecnología, y concretamente de Internet, correlaciona positivamente con el grado de estudios y con los ingresos mensuales netos del hogar, y negativamente con la edad.

Por lo tanto se hace necesario conocer los tramos de edad de los titulares de las explotaciones del municipio, datos recogidos en el Censo Agrario de 2009 (Tabla 18):

Tabla 18. Número de explotaciones por tramo de edad. Fuente: <http://www.ine.es/>

Tramo de edad del titular de la explotación	Nº de explotaciones de persona física
De 25 a 34 años	7
De 35 a 44 años	19
De 45 a 54 años	38
De 55 a 64 años	46
De 65 años y más	65
No aplica (el titular no es persona física)	11

Como se puede observar en la tabla anterior, la mayor parte de las explotaciones en la provincia de Villarta de San Juan tienen como titular a una persona mayor de 55 años. Si se relacionan estos datos con los reflejados en la tabla 16, se puede concluir que a medida que se incrementa la edad del titular, disminuye su uso de Internet, aspecto que se deberá tener muy en cuenta a la hora de implantar nuevas tecnologías en la explotación.

En el Censo Agrario de 2009 también se identifican el número de explotaciones en función del nivel de estudios del jefe de la explotación (Fig. 11). Relacionando estos datos con los de la tabla 16, se espera que en aquellas explotaciones en las que el jefe de la explotación tenga un mayor nivel formativo, la adopción de la tecnología sea mayor.

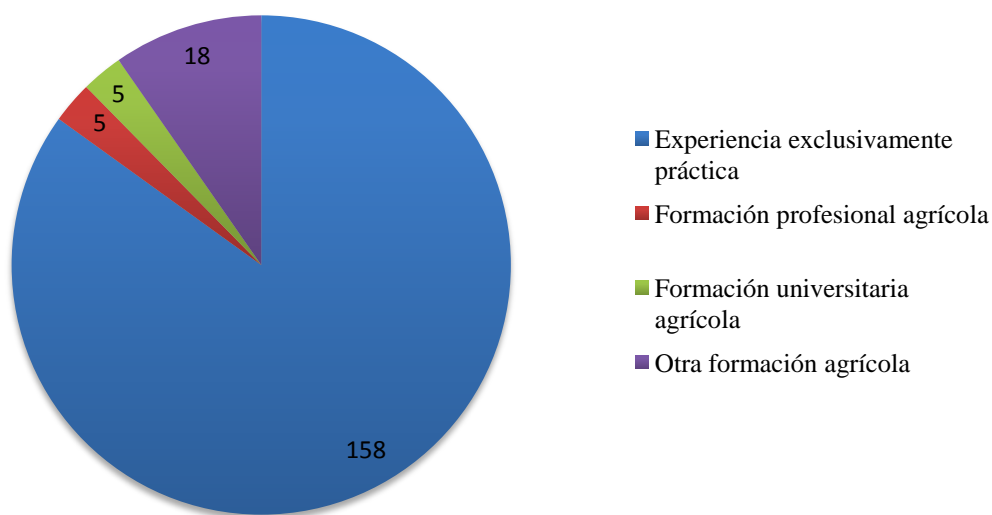


Figura 11. Número de explotaciones por estudios realizados por el jefe de la explotación. Fuente: <https://www.ine.es/>

3.7.2. Principales aprovechamientos y cultivos

De acuerdo a los datos recogidos en el Censo Agrario de 2009, el tramo de superficie agraria útil más frecuente en las parcelas del municipio es el comprendido entre las 5 y 6 ha (Fig. 12):

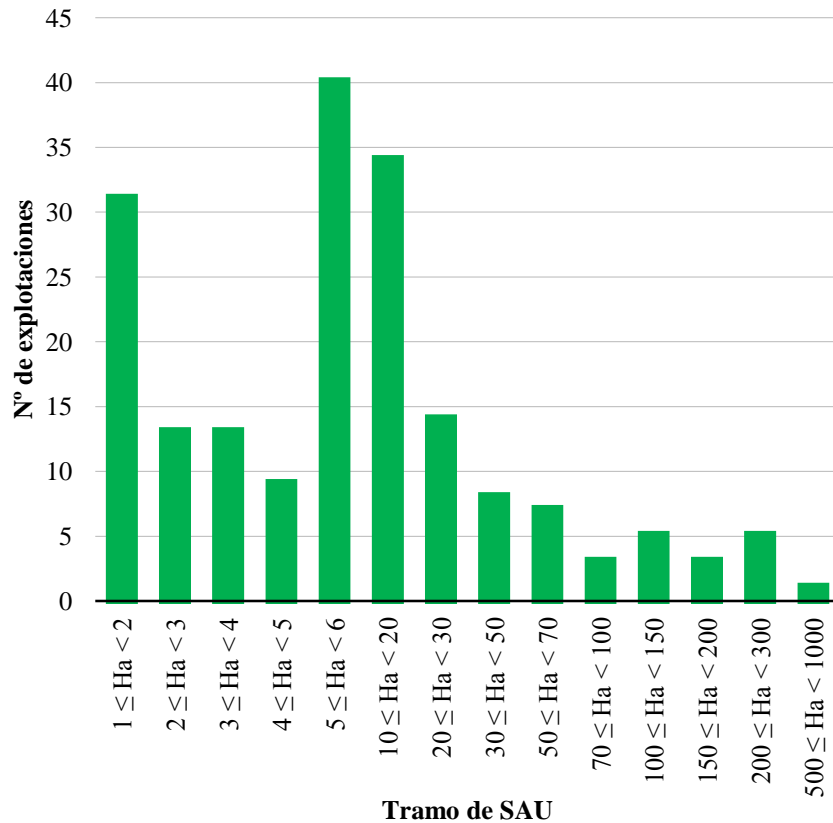
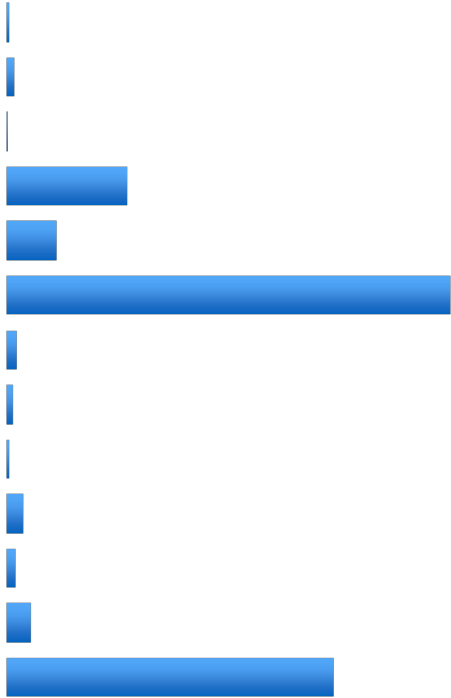


Figura 12. Nº de explotaciones por tramo de SAU. Fuente: <https://www.ine.es/>

El uso del suelo agrícola en Villarta de San Juan está dedicado principalmente a las labores de secano, que alcanzan valores próximos al 45% de la extensión total, tal y como se puede apreciar en la tabla 19, seguidos en importancia por los viñedos en secano y los cultivos herbáceos en regadío.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo
Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

Tabla 19. Usos del suelo agrícola. Fuente: sig.magrama.es/siga/

USO	SUPERFICIE		DISTRIBUCIÓN
	ha	%	
Agua (masas de agua, balsas, etc...)	17,18	0,26	
Chopo y álamo	51,70	0,78	
Coníferas	13,92	0,21	
Cultivos herbáceos en regadío	779,73	11,83	
Improductivo	320,97	4,87	
Labor en secano	2848,85	43,22	
Olivar en secano	65,38	0,99	
Otras frondosas	40,41	0,61	
Pastizal	18,23	0,28	
Pastizal asociado con frondosas	111,50	1,69	
Viñedo asociado con olivar en secano	64,67	0,98	
Viñedo en regadío	160,04	2,43	
Viñedo en secano	2099,32	31,85	

3.7.3. Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda

Tal y como se ha comentado en apartados anteriores de este anejo, el municipio de Villarta de San Juan se encuentra a unos 30 km del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. También forma parte de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda, que comprende, además del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera. La Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda abarca 418.087 hectáreas, y se trata de un conjunto de humedales asociados al tramo alto del río Guadiana y 13 de sus afluentes, así como otros 15 arroyos íntimamente ligados a los acuíferos 23 y 24 del Campo de Montiel.

La normativa UNESCO, desde la Estrategia de Sevilla (1995), impone una zonificación en función de los usos del territorio y de las medidas de conservación a aplicar. En la Reserva se pueden distinguir tres zonas: zona núcleo, zona tampón y zona de transición. Como se puede apreciar en la figura 13, el municipio se encuentra en la última de estas zonas.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

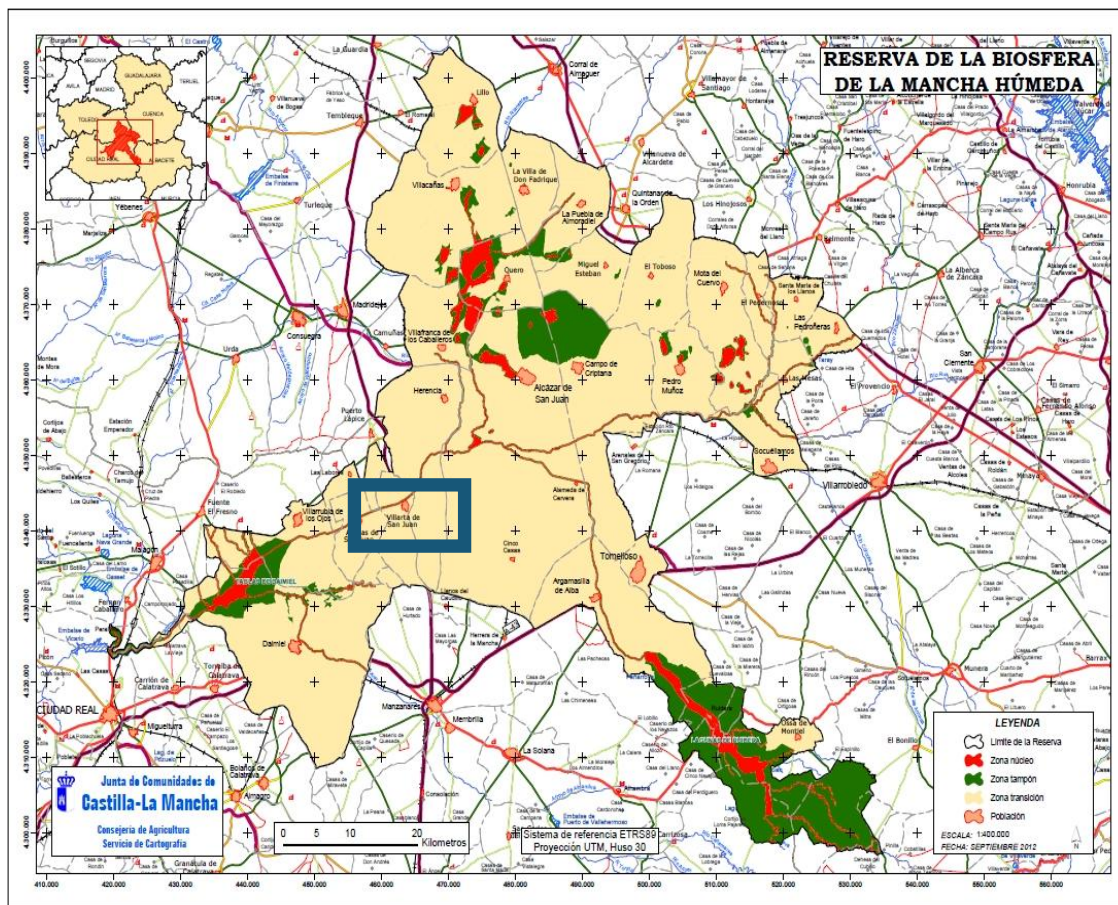


Figura 13. Delimitaciones de la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda. Fuente: <http://www.castillalamancha.es/gobierno/agricultura>

La zona de transición, que abarca unas 300.000 ha, se considera un territorio destinado a la promoción del desarrollo sostenible, con la puesta en marcha de actividades y proyectos que promuevan el desarrollo económico así como la conservación de los recursos naturales. La UNESCO sugiere la creación de marcas de calidad de productos de la Reserva, potenciar el consumo de productos locales y optimizar la oferta de alojamientos y servicios turísticos, acorde con las necesidades de la población, capaz de contribuir al mantenimiento de los valores naturales y de transmitir las excelencias del desarrollo sostenible.

Las principales fuentes de recursos hídricos son dos acuíferos libres, el acuífero 24, “Campo de Montiel”, que se corresponde con la Unidad Hidrogeológica 04.06, y el acuífero 23, “Mancha Occidental”, que se corresponde con la Unidad Hidrogeológica 04.04.

Desde que a mediados del siglo XX proliferaran las superficies en regadío en la zona, y también a consecuencia de las extracciones realizadas con fines industriales, íntimamente ligados también a la producción agrícola, los acuíferos empezaron a sufrir condiciones de sobreexplotación, en las que las extracciones superaban la capacidad de recarga de dichos depósitos hidrogeológicos. También se llevaron a cabo drenado de humedales, procesos de concentración parcelaria y desecaciones para propiciar terrenos aptos para la agricultura, así como para reconducir los cauces hacia zonas regables.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

La Confederación Hidrográfica del Guadiana llegó a estimar para el acuífero 23, con unos recursos renovables de 340 hm³, extracciones históricas máximas en torno a los 550 hm³/año, de las que el 95% iban dedicadas al abastecimiento de los regadíos (Fig. 14). En el año 2000 el inventario de derechos de la Confederación determinó que el volumen concesional de derechos (640 hm³) era casi el doble de los recursos hídricos renovables medios.

Evolución niveles en pozos de captación en los Ojos del Guadiana (meses de abril 1988 - 2011)

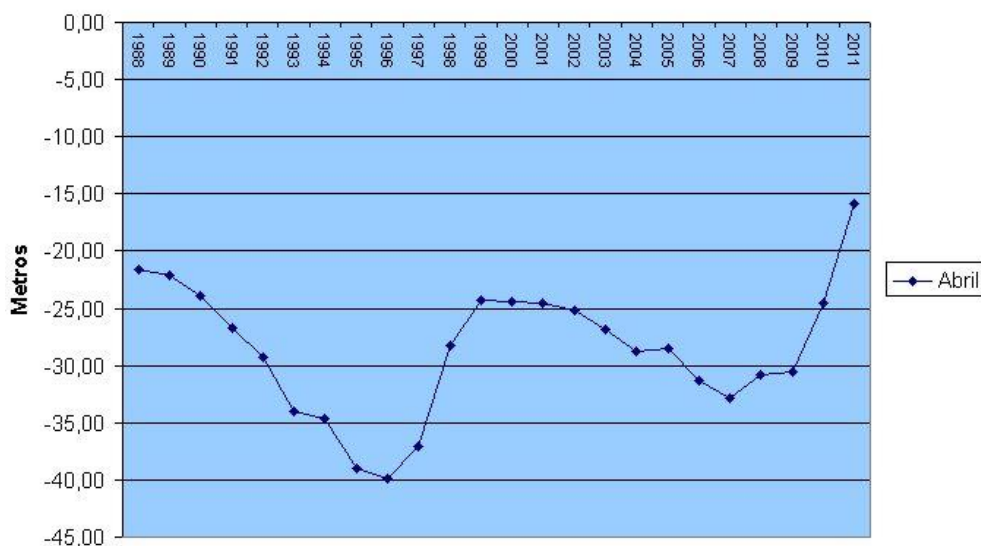


Figura 14. Evolución de las extracciones en el acuífero 23. Fuente: <http://www.daimiel.es/>

La rápida proliferación de extensiones dedicadas a cultivos en regadío supuso un rápido desarrollo socioeconómico de la zona, con ayudas estatales, regionales y europeas, con ayudas a la producción y posteriormente desacopladas en forma de pago único. También se dieron ayudas para la adquisición de sistemas de riego en parcela y para la reestructuración del viñedo, lo que se tradujo en un incremento de la superficie de viña en regadío (Tabla 20) y el consecuente incremento del consumo respecto al consumo total de agua del acuífero (Tabla 21).

Tabla 20. Estimación de superficies regadas (en ha) 2004-2008. Fuente: <http://pagina.jccm.es/medioambiente>

Tipo de cultivo	2004	2005	2006	2007	2008
Forrajes	938	773	1.481	1.156	689
Herbáceos en primavera	11.894	27.594	31.071	5.163	24.377
Herbáceos en verano	17.758	22.544	14.326	18.485	18.523
Viña en regadío	45.484	52.572	75.554	94.428	92.134
Total (ha)	76.074	103.483	122.432	119.232	135.723

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

Tabla 21. Consumo de agua 2004-2008. Fuente: <http://pagina.jccm.es/medioambiente>

Tipo de cultivo	2004	2005	2006	2007	2008
Total primavera	11.894	27.594	31.071	5.163	24.377
Total verano	18.696	23.317	15.807	19.641	19.212
Total viña	45.484	52.572	76.389	94.428	92.134
Consumo estimado (Hm ³)	212,85	276,3	274,8	264,7	283,3
P. media marzo-mayo (mm)	240	37	142	195	149

La principal consecuencia del incremento de la superficie en regadío fue que los acuíferos sufrieron drásticas caídas del nivel freático, llegando en algunos puntos a cotas de hasta 30 m por debajo de la superficie. Se redujeron así las descargas del acuífero y se rompió la conexión hidrológica con los humedales, lo que hizo que los Ojos del Guadiana quedasen secos.

El cultivo en regadío no solo condujo al descenso de los niveles freáticos, sino que, como consecuencia directa de esta actividad agrícola, se produjo un fuerte lixiviado de nitratos, sulfatos y fosfatos, así como de insecticidas, que fueron a parar al interior de los acuíferos.

Desde que el acuífero 23 fuera declarado definitivamente sobreexplotado en 1994, se han llevado a cabo, por parte del Gobierno central, diversas actuaciones para intentar solventar esta situación de déficit. Entre ellas destacan la adquisición de derechos de agua mediante la compra de parcelas cercanas al acuífero, la regularización de las extracciones, el Plan de Humedales de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda, la Estrategia Nacional de Ríos y planes de restauración hidrológico-forestal.

Aun así, la escasez de precipitaciones, así como su irregular distribución, los flujos superficiales reducidos y la aparición periódica de situaciones de sequía conforman la problemática actual de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda.

La vegetación típica de la Reserva está compuesta por plantas halófitas emergentes, enraizadas en el fondo de zonas húmedas, como carrizos, juncos y masiegos. También, y debido a la presencia de suelos salinos, se encuentran especies vegetales halófilas propias de saladares, como *Sarcocornia fruticosa* y varias especies de *Limonium sp.* En las Lagunas de Ruidera también se encuentran formaciones de encinas, coscojas y sabinas, así como praderas sumergidas, debido a la transparencia del agua de las lagunas.

La fauna característica de la Reserva es la propia de zonas de humedales, entre los que destacan los endemismos de peces de las Lagunas de Ruidera y las aves, que encuentran en la Reserva una zona excepcional para su alimentación, cría, refugio y descanso durante las migraciones. La importancia de estas aves es de tal magnitud que zonas como Las Tablas de Daimiel y el Complejo Lagunar de las Lagunas de Alcázar fueron declaradas Humedales de Importancia Internacional, de acuerdo al Convenio “Ramsar”, y Zonas de Especial Protección para las Aves, en aplicación de la Directiva 79/409/CEE de Aves.

Según la Orden de 10-01-2007 de la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural, por la que se aprueba el Programa de Actuación aplicable a las zonas vulnerables a la

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

contaminación por nitratos de origen agrario en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, designadas por las Resoluciones de 7-08-1.998 y 10-02-2003, Castilla-La Mancha tiene declaradas seis zonas vulnerables sujetas al Programa de Actuación: Mancha Occidental, Campo de Montiel, Mancha Oriental, Lillo-Quintanar-Ocaña-Consuegra-Villacañas, Alcarria-Guadalajara y Madrid-Talavera-Tiétar.

La zona de "Mancha Occidental", con una superficie aproximada de 695.300 ha, incluye 32 términos municipales y alberga los acuíferos de la Unidad Hidrogeológica 04.04, con la misma denominación. Concretamente, abarca los siguientes municipios:

- Provincia de Albacete: Villarrobledo.
- Provincia de Ciudad Real: Alcázar de San Juan, Arenas de San Juan, Argamasilla de Alba, Bolaños de Calatrava, Campo de Criptana, Daimiel, Herencia, Las Labores, Manzanares, Membrilla, Pedro Muñoz, Puerto Lápice, Socuéllamos, Tomelloso, Torralba de Calatrava, Valdepeñas, Villarrubia de los Ojos y Villarta de San Juan.
- Provincia de Cuenca: La Alberca del Zancara, Casas de Fernando Alonso, Casas de los Pinos, Casas de Haro, Las Mesas, Mota del Cuervo, El Pedernoso, Las Pedroñeras, Pozoamargo, El Provencio, San Clemente, Santa María del Campo Rus y Santa María de los Llanos.

Los principales cultivos afectados en la Mancha Occidental son los siguientes (Tabla 22):

Tabla 22. Principales cultivos afectados. Fuente: <http://www.asajaclm.org/publicaciones>

Área afectada	Cultivos afectados	
	Secano	Regadío
Zona Vulnerable Mancha Occidental	Cebada	Cebada
	Trigo	Trigo
	Colza	Maíz grano
	Girasol	Girasol
	Leguminosas grano	Colza
	Lino	Leguminosas grano
	Viñedo	Lino
	Olivo	Remolacha azucarera
	Almendro	Alfalfa
		Maíz forrajero
		Melón
		Ajo
		Patata
		Cebolla
		Otras hortalizas
		Viñedo
		Olivo
		Almendro
		Otros Frutales
	Secano	Regadío

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

En la Orden también se recogen las cantidades máximas a emplear de fertilizantes nitrogenados según cultivos en cada una de las Zonas declaradas vulnerables. En el caso de la Mancha Occidental, para el viñedo en regadío se establece como limitación 90 kg de nitrógeno/ha y año.

Se recogen además en el documento una serie de recomendaciones relativas a la forma y momento de aplicación de los fertilizantes nitrogenados. Concretamente para los cultivos leñosos recomiendan:

- En este tipo de cultivos es fundamental la realización periódica de análisis de material vegetal, principalmente hojas, para diagnosticar adecuadamente el estado nutricional del cultivo. Para la realización de estos análisis se prestará gran atención al método de muestreo.
- Como regla general, el N únicamente debe aportarse cuando el nivel foliar esté por debajo del mínimo valor del intervalo de adecuación, moderando las dosis a aplicar para obtener la respuesta deseada.
- Evitar las aplicaciones de fertilizantes en invierno o, en todo caso realizar estas aplicaciones coincidiendo con el final del invierno o, aún mejor, en primavera. Como en casos anteriores, de acuerdo con las necesidades nutritivas del cultivo.
- La aplicación de urea en forma sólida se realizará, siempre que las condiciones del terreno lo permitan, mediante enterrado con una labor superficial y con humedad en el suelo.
- En plantaciones de regadío se recomienda repartir el nitrógeno en aplicaciones con pequeñas dosis a fin de incrementar su eficiencia de uso y reducir al máximo las pérdidas. También se deberá controlar cuidadosamente las dosis de riego y la concentración del fertilizante en el agua de riego, de modo que se mantenga un adecuado nivel de nutrientes y salinidad en los bulbos húmedos.
- Momento de aplicación: aplicar la mitad del total antes de la brotación y el resto en varios aportes antes del envero.

3.7.4. Denominación de Origen La Mancha

La Cooperativa “Nuestra Señora de la Paz” comercializa sus vinos bajo la Denominación de Origen la Mancha.

3.7.4.1. Normativa aplicable

Según la Orden de 13/10/2009, de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural, por la que se establecen las normas de producción y se regulan otras características y condiciones de los vinos de la Denominación de Origen La Mancha:

Variedades autorizadas:

Blancas: Airén, Chardonnay, Gewürztraminer, Macabeo o Viura, Moscatel de grano menudo, Parellada, Pedro Ximénez, Riesling, Sauvignon Blanc, Torrontés, Verdejo y Viognier.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

Tintas: Bobal, Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Cencibel o Tempranillo, Garnacha tinta, Graciano, Malbec, Mencía, Merlot, Monastrell, Moravía dulce o Crujidera, Petit Verdot, Pinot Noir y Syrah.

Prácticas culturales:

En viñedos conducidos en vaso:

- Densidad de plantación: 1.000-1.600 cepas/ha
- Yemas productivas máximas: 20.000 yemas/ha

En viñedos conducidos en espaldera:

- Densidad de plantación: 1.275-3.333 cepas/ha
- Yemas productivas máximas: 42.000 yemas/ha

Las condiciones climatológicas serán consideradas en los riegos de apoyo en invierno y de socorro en verano, por el sistema de goteo, para garantizar el sistema radicular de la planta, la masa foliar del viñedo y el mantenimiento del cultivo. Con tal objeto, se seguirán las recomendaciones elaboradas para este cultivo por el Servicio Integral de Asesoramiento al Regante (SIAR), a partir de los datos suministrados por las Estaciones Agroclimáticas existentes en la comarca.

Rendimiento máximo por hectárea:

El rendimiento máximo por hectárea será:

- Plantaciones conducidas en vaso (variedades blancas y tintas): 10.000 Kg/ha
- Plantaciones conducidas en espaldera (variedades blancas y tintas): 13.000 Kg/ha

Cuando el rendimiento sea superior a los autorizados, la producción total de la parcela no podrá ser comercializada como Denominación de Origen «La Mancha».

Zona de transformación:

La elaboración de vinos amparados por la Denominación de Origen La Mancha se realizará exclusivamente en bodegas inscritas en el Registro de Bodegas de la Asociación Interprofesional del Consejo Regulador de la Denominación de Origen «La Mancha», así como en el Registro de Industrias Agroalimentarias de Castilla-La Mancha, y ubicadas en su zona de producción, que también será zona de transformación.

Métodos de vinificación y elaboración:

La elaboración de los vinos blancos, rosados y tintos amparados por la Denominación de Origen «La Mancha» se realizará exclusivamente con las variedades autorizadas. No está permitida la mezcla de variedades blancas con tintas.

Se podrán elaborar vinos a partir de uvas procedentes de producción ecológica con Denominación de Origen al amparo de las Normas de Producción y del Reglamento

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos.

El índice de transformación máximo será de 74 litros de vino por cada 100 kilos de vendimia.

3.7.4.2. Ámbito de aplicación

La Mancha es la región natural de mayor extensión de España, con una superficie de aproximadamente 30.700 km².



Figura 15. Ámbito de aplicación de la D.O. La Mancha. Fuente: <http://lamanchawines.com/>

Las Normas de Producción de la Denominación de Origen La Mancha dan cabida a un total de 182 términos municipales: 12 en la provincia de Albacete, 58 en Ciudad Real, 66 en Cuenca y 46 en Toledo. Concretamente, abarcan las parcelas y subparcelas ubicadas en los términos municipales que a continuación se citan:

De la provincia de Albacete: Barrax, Fuensanta, La Herrera, Lezuza, Minaya, Montalvos, Munera, Ossa de Montiel, La Roda, Tarazona de La Mancha, Villalgordo del Júcar y Villarrobledo, con todos sus polígonos y parcelas. También se incluye El Bonillo con excepción de los polígonos 95, parcelas 16 d, 16da, 16db y 17; polígono 97, parcela 24, polígono 100, parcelas 2,3 y 8, el polígono 115 parcelas 1ma, 1mb 1mc; polígono 116 parcelas 1aa, 1ab y 1af; polígono 119, parcelas 22a, 23a, 24b, 24i y 25d y polígono 120, parcela 20d.

De la provincia de Ciudad Real: Albadalejo, Alcázar de San Juan, Alcolea de Calatrava, Aldea del Rey, Almagro, Almedina, Almodóvar del Campo, Arenales de San Gregorio, Arenas de San Juan, Argamasilla de Alba, Argamasilla de Calatrava, Ballesteros de Calatrava, Bolaños de Calatrava, Calzada de Calatrava, Campo de Criptana, Cañada de Calatrava, Carrión de Calatrava, Carrizosa, Castellar de Santiago, Ciudad Real, Los Cortijos, Cózar, Daimiel, Fernancaballero, Fuenllana, Fuente el Fresno, Herencia, Malagón, Manzanares, Membrilla, Miguelturna, Las Labores, Llanos del Caudillo, Pedro Muñoz, Picón, Piedrabuena, Poblete, Porzuna, Pozuelo de Calatrava, Puebla del

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

Príncipe, Puerto Lápice, El Robledo, Ruidera, Santa Cruz de los Cañamos, Socuéllamos, La Solana, Terrinches, Tomelloso, Torralba de Calatrava, Valenzuela de Calatrava, Villahermosa, Villamanrique, Villamayor de Calatrava, Villanueva de la Fuente, Villanueva de los Infantes, Villar del Pozo, Villarta de San Juan y Villarrubia de los Ojos. También se incluyen los siguientes términos municipales, con las siguientes excepciones, que quedan excluidas: Alhambra, salvo polígonos 50 (parcelas 32 a 51), 52 (parcelas 8, 9 y 10), 53 al 90, 159 (parcela 1), 162, 163 y 164 (parcelas 11 a 20); Granátula de Calatrava, salvo los polígonos 8 a 31, 51 a 60, 69 y 70; Montiel, salvo los polígonos 62 al 76; y Torre de Juan Abad, salvo los polígonos 1 al 9 y 61 al 63.

De la provincia de Cuenca: Alberca de Zancara, El Acebrón, Alcázar del Rey, Alconchel de la Estrella, La Almarcha, Almendros, Almonacid del Marquesado, Atalaya del Cañavate, Barajas de Melo, Belinchón, Belmonte, Cañadajuncosa, El Cañavate, Carrascosa de Haro, Casas de Benítez, Casas de Fernando Alonso, Casas de Guijarro, Casas de Haro, Casas de los Pinos, Castillo de Garcimuñoz, Cervera del Llano, Fuente de Pedro Naharro, Fuentelespino, de Haro, La Hinojosa, Los Hinojosos, El Hito, Honrubia, Hontanaya, Horcajo de Santiago, Huelves, Leganiel, Las Mesas, Monreal del Llano, Montalbanejo, Mota del Cuervo, Olivares del Júcar, Osa de la Vega, Paredes, El Pedernoso, Las Pedroñeras, Pinarejo, Pozoamargo, Pozorrubio, El Provencio, Puebla de Almenara, Rada de Haro, Rozalén del Monte, Saelices, San Clemente, Santa María del Campo Rus, Santa María de los Llanos, Sisante, Tarancón, Torrubia del Campo, Torrubia del Castillo, Tresjuncos, Tribaldos, Uclés, Valverde del Júcar, Vara de Rey, Villaescusa de Haro, Villalgordo del Marquesado, Villamayor de Santiago, Villar de Cañas, Villar de la Encina, Villarejo de Fuente, Villares del Saz, Villarrubio, Villaverde y Pasaconsol y Zarza de Tajo.

De la provincia de Toledo: Ajofrín, Almonacid, Cabañas de Yepes, Cabezamesada, Camuñas, Ciruelos, Consuegra, Corral de Almaguer, Chueca, Dos Barrios, La Guardia, Huerta de Valdecarábanos, Lillo, Madridejos, Manzaneque, Marjaliza, Mascaraque, Miguel Esteban, Mora de Toledo, Nambroca, Noblejas, Ocaña, Ontígola con Oreja, Orgaz, Puebla de Almoradiel, Quero, Quintanar de la Orden, El Romeral, Santa Cruz de la Zarza, Sonseca, Tembleque, El Toboso, Turleque, Urda, Villacañas, Villa de Don Fadrique, Villafranca de los Caballeros, Villaminaya, Villamuelas, Villanueva de Alcardete, Villanueva de Bogas, Villarrubia de Santiago, Villasequilla, Villatobas, Los Yébenes y Yepes.

3.7.4.3. El sector vitivinícola en La Mancha

Según los datos aportados por el Consejo Regulador de la D.O. La Mancha, en el año 2014 había un total de 165.206 ha de viñedo inscritas, de las cuales el 49% se localizan en la provincia de Ciudad Real (Fig. 16):

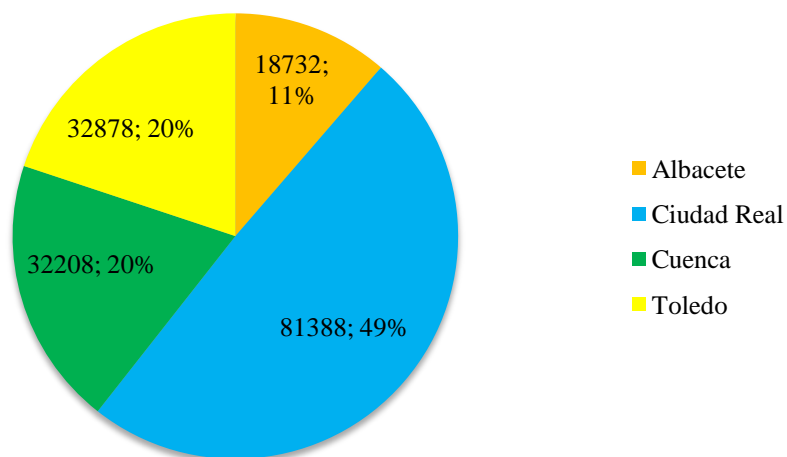


Figura 16. Hectáreas por provincia. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de <http://lamanchawines.com/>

De las 165.206 ha inscritas, en 2014 117.914 pertenecían a uvas blancas y 47.040 a uvas tintas (Tabla 23).

Tabla 23. Hectáreas por variedad. Fuente: <http://lamanchawines.com/>

UVAS BLANCAS		UVAS TINTAS	
Variedad	Hectáreas	Variedad	Hectáreas
Airén	106.934	Cencibel	30.317
Macabeo	4.126	Garnacha	4.464
Chardonnay	1.132	Moravia	1.080
Sauvig. Blanc	1.964	C.Sauvignon	3.433
Verdejo	2.836	Syrah	4.267
Moscatel gr.	606	Merlot	1.429
Riesling	75	Petit Verdot	563
Parellada	101	Monastrell	512
Viognier	75	Bobal	725
Gewürztramin.	17	Graciano	154
Pedro Ximén.	46	Cab. Franc	68
Torrontés	2	Malbec	28
TOTAL	117.914	TOTAL	47.040

A continuación se muestra la declaración de cosecha de vino con D.O. La Mancha para el año 2014 (Fig. 17).

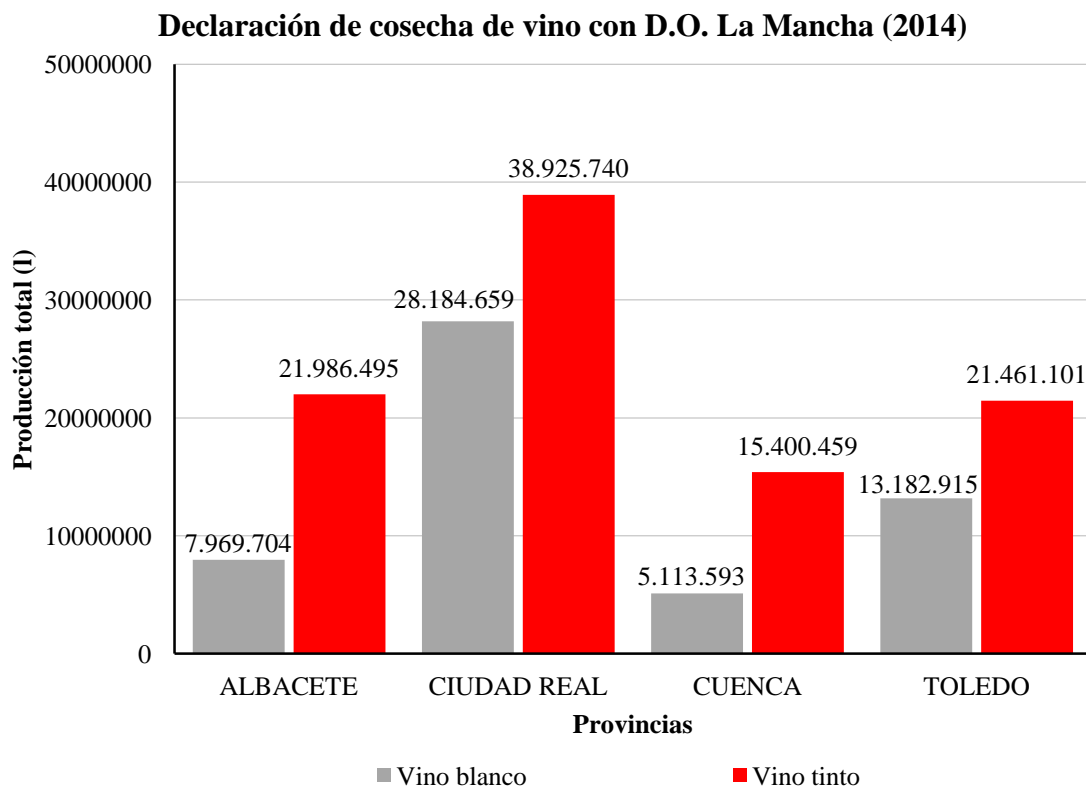


Figura 17. Declaración de cosecha de vino con D.O. La Mancha en 2014. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de <http://lamanchawines.com/>

Como se puede observar en la figura anterior, los valores máximos de declaración de cosecha para ambos tipos de vino se registraron en la provincia de Ciudad Real, al ser la provincia con mayor superficie de viñedo inscrita.

La añada de 2014 se consideró como excelente por parte del Consejo Regulador para ambos tipos de uva. Ese año se comercializaron un total de 47.258.160 litros de vino con D.O. La Mancha, de los cuales 32.508.771 se destinaron a consumo nacional y se exportaron 14.871.267. A continuación se expresa la equivalencia de los datos de comercialización en 2014 en botellas de 75 cl (Tabla 24):

Tabla 24. Comercialización en 2014 en botellas de 75 cl. Fuente: <http://lamanchawines.com/>

NACIONAL	43.345.028
EXPORTACIONES	19.828.356
TOTAL	63.010.880

Estas exportaciones tuvieron como destino final principalmente Alemania (33%) y China (17%), como se puede observar en el siguiente gráfico (Fig. 18):

Principales importadores D.O. La Mancha

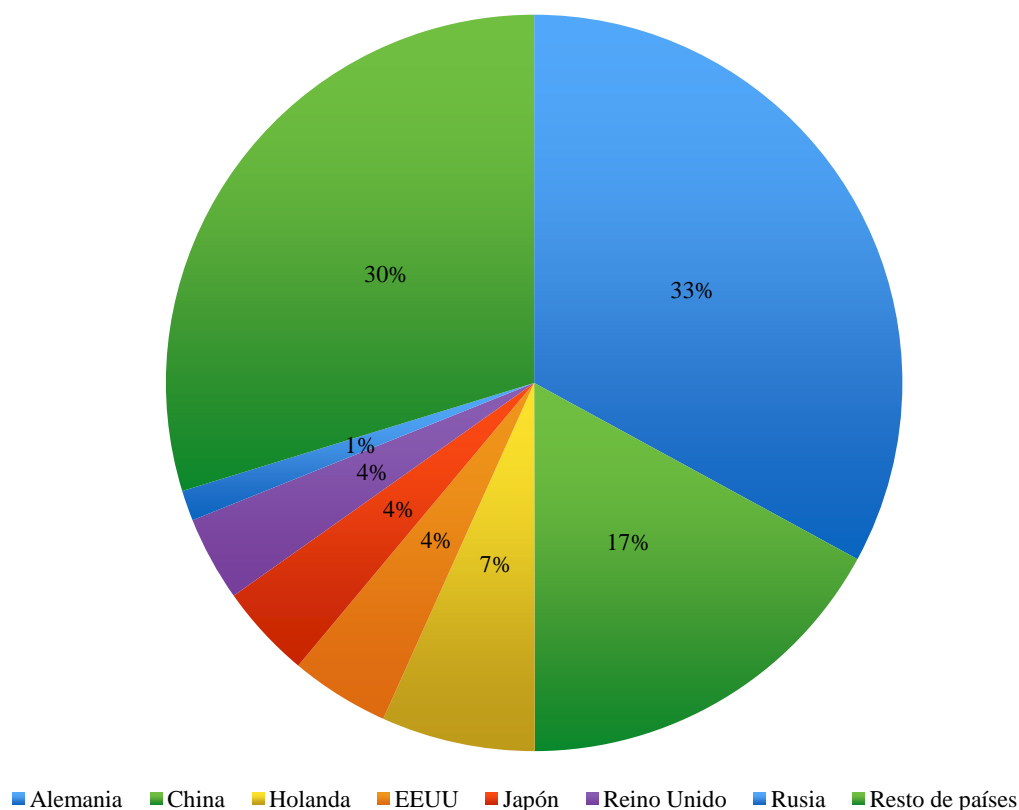


Figura 18. Principales importadores (2014). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de <http://lamanchawines.com/>

4. SITUACIÓN ACTUAL

Durante los años 2007 y 2008 la situación de Las Tablas de Daimiel llegó a ser crítica, debido a los periodos prolongados de sequía, el ineficaz control de la sobreexplotación de las masas subterráneas de agua y los incendios de las turberas. Esta situación puso en duda la calificación de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda como tal, al considerarse que no se cumplían los objetivos que toda Reserva de la Biosfera debe cumplir: conservación, desarrollo sostenible y apoyo logístico.

En 2008 se aprobó el Plan Especial del Alto Guadiana, cuyos objetivos generales eran recuperar los ecosistemas húmedos y propiciar un uso sostenible de los acuíferos de la Cuenca Alta del Guadiana. Para ello se proponían una serie de actuaciones, tales como:

- Restauración hídrica de los acuíferos, especialmente el 23
- Garantizar la calidad y disponibilidad de agua para suministro urbano a través de los recursos de los acuíferos
- Recuperación ecológica de los humedales
- Ordenación de las extracciones

- Reconversión del regadío
- Alternativas para el desarrollo rural y mejora en la eficiencia del agua

Finalmente en 2009 el Comité de la UNESCO decidió mantener el estatus de Reserva a la Mancha Húmeda, si bien sujeto al cumplimiento de una serie de condiciones, como el desarrollo de una política agraria sostenible y la reconversión de cultivos a otros con menor demanda de agua.

Fue en el invierno de 2009/2010, uno de los más lluviosos que se recuerdan en la zona, cuando se incrementó el nivel freático, lo que afectó directamente a la extinción de los incendios subterráneos, que se extendían desde los Ojos del Guadiana hasta Las Tablas de Daimiel. Desde ese invierno se vienen registrando episodios de afloramientos superficiales de aguas subterráneas en zonas cercanas a los Ojos del Guadiana y en Las Tablas de Daimiel, finalmente inundadas en el invierno de 2013/2014.

Aun así, es necesario crear una nueva conciencia en lo que respecta a la cultura del agua, un bien que debe entenderse como necesario, público y limitado.

Actualmente se están incluyendo en el paisaje plantas fotovoltaicas y termosolares. Estas últimas se caracterizan por usar agua en sus circuitos de refrigeración, así como por optimizar el agua en gran medida. Estas inversiones en energías renovables demuestran un cambio hacia la nueva cultura del agua, tan necesaria en la zona de estudio.

Además, desde el 1 de enero de 2014 entró en vigor el Plan de Acción Nacional para el uso sostenible de productos fitosanitarios, según el cual las explotaciones agrarias deberán cumplimentar un cuaderno de campo o cuaderno de explotación, en el que se irán especificando todos los tratamientos fitosanitarios que los agricultores lleven a cabo. Esto permitirá al agricultor mejorar los procesos en las tareas del campo, así como controlar la efectividad de los productos fitosanitarios empleados. También se pretende introducir la cultura de la gestión integrada de plagas, lo que a la larga permitirá disponer de alternativas de tratamiento diferentes.

5. SITUACIÓN FUTURA SIN PROYECTO

La no implantación del proyecto supondría mayores consumos de agua derivados de la aplicación de una agricultura tradicional y no de precisión, lo que afectaría de forma directa a la regeneración de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda. El uso del agua sería un uso más ineficiente, ya que, al no conocer el estado hídrico del cultivo de forma exacta, se podrían estar realizando aplicaciones de riego en momentos y cantidades que no serían las óptimas para el cultivo.

Desde el punto de vista del agricultor, mayores consumos de agua incrementarían los gastos a largo plazo de la explotación, disminuyendo así el margen de beneficios.

6. AGRICULTURA DE PRECISIÓN: ESTADO DEL ARTE

La agricultura de precisión surge de la aplicación de las nuevas tecnologías a los retos actuales, como el incremento de la producción sin aumentar la superficie y la concienciación sobre la protección del medio ambiente.

Su uso en los países mediterráneos no está muy extendido aún. Los países con mayores índices de adopción de estas tecnologías son EE.UU., Canadá, Australia, Argentina y Brasil. En Europa los países con mayor implantación son Alemania, Holanda, Bélgica, Reino Unido y Dinamarca. En España se introdujo en 1997 y el interés por la materia es creciente, sin embargo su uso no está muy extendido a causa del cuestionable beneficio económico a corto plazo que pueda derivarse de su utilización.

Actualmente se encuentran en el mercado máquinas agrícolas que de una u otra forma llevan integrado algún sistema enfocado hacia la práctica de la agricultura de precisión, como los monitores de rendimiento en cosechadoras o la dosificación variable en pulverizadores.

6.1. Fundamentos de la agricultura de precisión

La agricultura de precisión se basa en la diversidad espacial y temporal que se produce a nivel de suelo y de cultivo dentro de una parcela. Su aplicación permite así generar zonas de manejo específico en función de las condiciones de cada superficie a tratar. Se puede, por ejemplo, optimizar la dosis de siembra y la aplicación de fitosanitarios, e incluso predecir la productividad de los cultivos.

Para ello la agricultura de precisión requiere el uso de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), así como satélites, sensores e imágenes aéreas.

- Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, del inglés Global Positioning System) fue creado en 1974 por el Departamento de Defensa de EE.UU. con fines militares, si bien se declaró totalmente operacional y de uso civil en 1995. Cualquier usuario puede conocer su posición durante las 24 horas del día, en cualquier lugar de la Tierra, haciendo uso de la red de satélites NAVSTAR, que orbita alrededor de la Tierra a 20.200 km de distancia (Fig. 19). Para determinar la posición del equipo receptor de GPS se necesita la señal de al menos tres satélites, aunque si se captan cuatro el resultado final será más preciso. Si se busca una mayor precisión es necesario recurrir a los sistemas DGPS (GPS Diferencial), sistemas con 24 satélites, que disminuyen el error hasta 1 m. Existen también otros dos sistemas que se pueden combinar con el GPS: el GLONASS, de origen ruso, y el EGNOS, de origen europeo.



Figura 19. Red de satélites NAVSTAR. Fuente: <http://concurso.cnice.mec.es/>

- Sistemas de Información Geográfica (SIG) forman una herramienta de análisis geográfico, capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en la superficie terrestre. Se genera así una base de datos gráfica y alfanumérica única, que se almacena en forma de puntos, redes, líneas, polígonos y capas (Fig. 20). En España funciona a nivel nacional el Servicio de Información Geográfica Agraria (SIGA), que ofrece información sobre cultivos herbáceos a través de su subdivisión SIGCH.

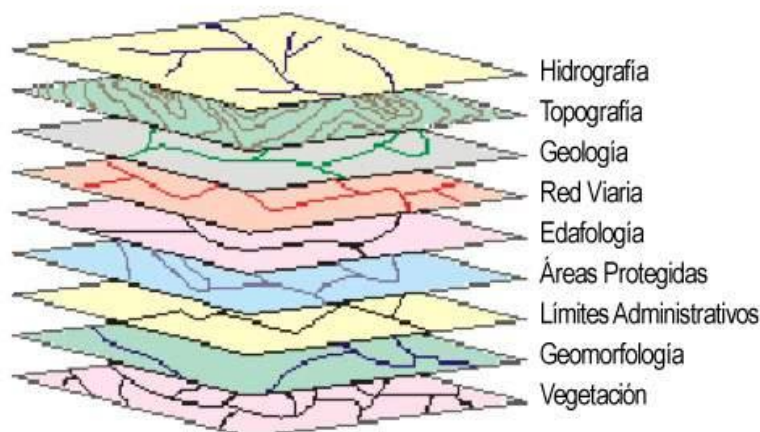


Figura 20. Capas SIG. Fuente: www.educarchile.cl

Para poder integrar los sistemas anteriormente mencionados en el ámbito agrícola, es necesario conocer distintos tipos de información:

- Posicionamiento de la máquina en base a los sistemas de geolocalización. En función de las características del receptor, la precisión y el error de la medida puede variar considerablemente (Tabla 25). La corrección RTK elabora las medidas más precisas, ya que, además de las señales de los satélites, también reciben las ondas de una estación terrestre de coordenadas conocidas. Esta corrección solo puede utilizarse en zonas situadas a pocos kilómetros de una estación base RTK que emite la señal correctora.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

Tabla 25. Diferentes características del receptor. Fuente: elaboración propia

Sistema	Precisión	Error
GPS+GLONASS	30 - 50 m	15 m
DGPS+EGNOS	< 1 m	15 - 20 cm
DGPS+Omnistar	Decimétrica	5 - 10 cm
RTK	1 “	1 “

- Características del terreno (productividad, presencia de malas hierbas,...) y del cultivo. Esta información se puede haber recogido mediante estudios previos, utilización de sensores en campo o información obtenida a partir de ortofotos e imágenes de satélite:
- Sensores sobre maquinaria de recolección, que miden la producción que se va cosechando, la humedad de la misma, su calidad,... Se puede obtener así un mapa de rendimiento de toda la finca, ya que los datos se geolocalizan al llevar la cosechadora un receptor GPS (Fig. 21)

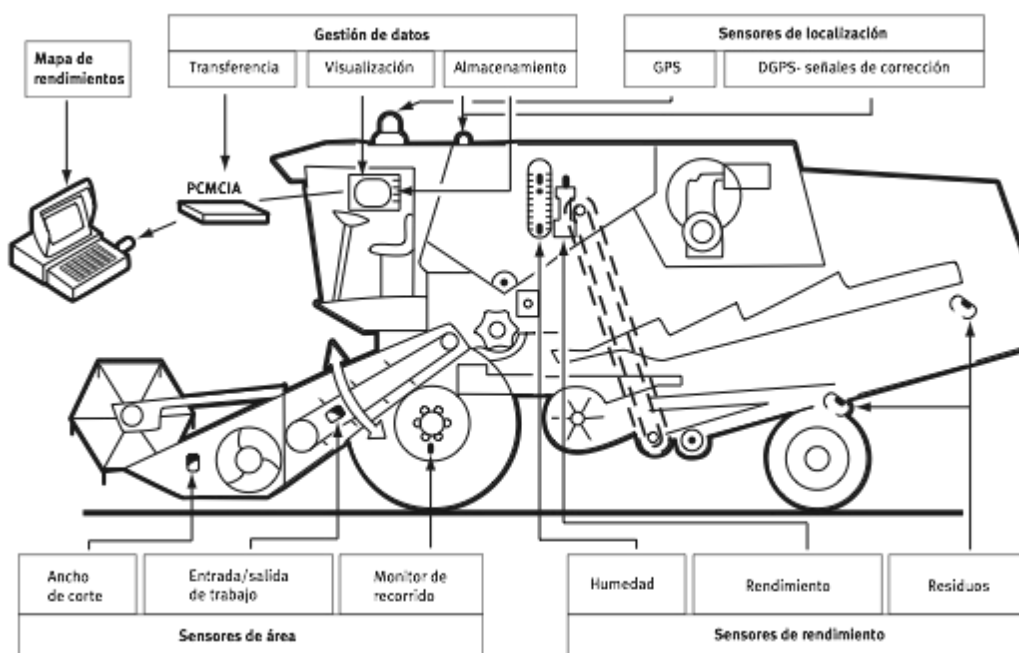


Figura 21. Implementación actual de un sistema de monitorización de rendimiento en una cosechadora de cereales. Fuente: <http://icaen.gencat.cat/>

Para estudios con muestras in situ de suelo, se puede georreferenciar cada punto, asociándolo al número de muestra;

Las imágenes tomadas desde satélites o aviones permiten, en función de la longitud de onda en la que queden registradas las imágenes, estimar el estado del cultivo, así como la humedad del terreno y la presencia de malas hierbas.

Queda así un sistema integrado por todos los elementos anteriormente desarrollados (Fig. 22).



Figura 22. Ciclo cerrado básico de la agricultura de precisión. Fuente: <http://icaen.gencat.cat/>

6.2. Factores condicionantes para la implantación de la agricultura de precisión

- El tipo de cultivo. En EE.UU., el país pionero en agricultura de precisión por excelencia, los mayores éxitos se han registrado en cultivos de alto valor, como maíz, soja y algodón. Por esto es posible pensar que en España se podría aplicar la agricultura de precisión en cultivos de alta rentabilidad, como el algodón, la remolacha, el arroz, el maíz, el trigo de regadío y la viña en ciertas condiciones. En cambio, la realidad muestra que donde más se aplica la agricultura de precisión es en los cereales, ya que el primer contacto del agricultor con esta tecnología suele ser a través de los monitores de rendimiento de las cosechadoras, si bien a los mapas de cosecha obtenidos no se les presta la necesaria atención.
- El patrón de variabilidad espacial de los rendimientos del cultivo. Se distinguen dos aspectos:
 - La magnitud de las variaciones presentes en el mapa de cosecha
 - La distribución de las áreas con diferentes niveles de rendimiento, que debe permitir una fácil zonificación
- El tamaño de las explotaciones. La agricultura de precisión se ajusta mejor a las explotaciones de gran tamaño, que disponen de más capital para invertir, y que

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

pueden asumir más riesgos. Esta tendencia se observa de forma general en la tabla, que recoge datos de la agricultura estadounidense.

Tabla 26. *Uso de monitores de cosecha en relación al volumen de ventas del agricultor. porcentaje de superficie en cada tipo de agricultor. Fuente: USDA, Agricultural Outlook, 2002*

	Maíz	Soja	Trigo	Algodón
<100.000\$	14%	12%	7%	1%
100.000-500.000\$	27%	24%	11%	<1%
>500.000\$	47%	44%	16%	2%

- El capital humano. La aplicación efectiva de la agricultura de precisión, es decir, no obtener sólo la información, sino saber interpretarla y tomar decisiones futuras en base al conocimiento adquirido, requiere personal bien formado. Este suele ser el nicho que ocupan las empresas de servicios y de consultoría en aquellas explotaciones en las que no se dispone de personal altamente cualificado.
- Los costes derivados de la implantación de estas técnicas deben de ser inferiores a los beneficios obtenidos, ya sea en la forma de ahorro de insumos o en incrementos de producción. La adopción de estas técnicas será más atractiva en tanto en cuanto los costes de la obtención de datos sean menores o más útiles. Así, parámetros como la topografía o el tipo de suelo, al ser parámetros relativamente invariables, tienen una utilidad a largo plazo que permite su amortización a lo largo de los años. Con la aparición de nuevas tecnologías se espera que los costes se reduzcan, atrayendo así a más agricultores.

6.3. Beneficios de la agricultura de precisión

Las técnicas de agricultura de precisión mejoran la productividad al permitir una mejora en el aprovechamiento del tiempo y una reducción de los costes de los inputs, así como mejoras en la ergonomía en el trabajo de los agricultores.

La optimización de la gestión se plantea desde tres puntos de vista:

- Desde el punto de vista agronómico, permite satisfacer las necesidades reales del cultivo, tanto de riego como de fitosanitarios, que se pueden no ajustar a las necesidades estimadas o teóricas
- Desde el punto de vista medioambiental, se reduce el impacto de las prácticas agrícolas, en la medida en que el uso de fitosanitarios es el adecuado y no el estimado
- Desde el punto de vista económico, la agricultura de precisión le ofrece al agricultor la optimización de sus ingresos y la sostenibilidad de sus parcelas, así como la disminución de los costes por la reducción en la aplicación de insumos.

6.4. España: Situación actual, barreras y desafíos para la introducción de la agricultura de precisión

6.4.1. Situación actual

El caso de España, con parcelas de pequeña extensión si se compara con los países líderes en agricultura de precisión, merece un capítulo especial.

Lo más fácil de encontrar en España a día de hoy en lo relativo a la agricultura de precisión son los tractores con sistemas de autoguiado, con los que se han conseguido errores de trayectoria de 1 o 2 cm, y cosechadoras capaces de generar mapas de rendimiento. En el mercado también se encuentran, aunque en menor proporción, abonadoras y pulverizadores con sistemas de dosificación gobernados por el ordenador instalado en el tractor, lo que les permite aplicar dosis variables en función de los datos disponibles del terreno y el cultivo.

Las pioneras en la adopción de este conjunto de técnicas fueron empresas dedicadas a la agricultura de precisión en Andalucía, tal vez debido a las grandes extensiones de cultivo, donde la agricultura de precisión se hace más rentable. Los servicios que a día de hoy ofrecen las empresas incluyen la toma de datos en campo y los extraídos de la teledetección, y consejos sobre aplicación de las labores agrícolas. En este punto destaca Novapyme, un programa de asesoramiento tecnológico creado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de Andalucía.

La proliferación de los tractores con sistemas de autoguiado y antenas RTK se sirvió de la información proporcionada por las redes autonómicas de estaciones RTK, públicas y gratuitas (Fig. 23). Hay redes públicas en Navarra y Euskadi (RGAN), Murcia (REGAM), Comunidad Valenciana (ERVA), Comunidad de Madrid (IBEREF), Cataluña (CATNET), Andalucía (RAP), La Rioja y Castilla y León (ITACYL). En Comunidades como Castilla-La Mancha las correcciones RTK se llevan a cabo a través de vía satélite. También existe una red europea, EUREF, de la que se pueden obtener correcciones a través de una conexión inalámbrica de Internet. Sin embargo, la alta precisión que ofrece el sistema RTK solo es necesaria en ciertas labores, como la siembra.

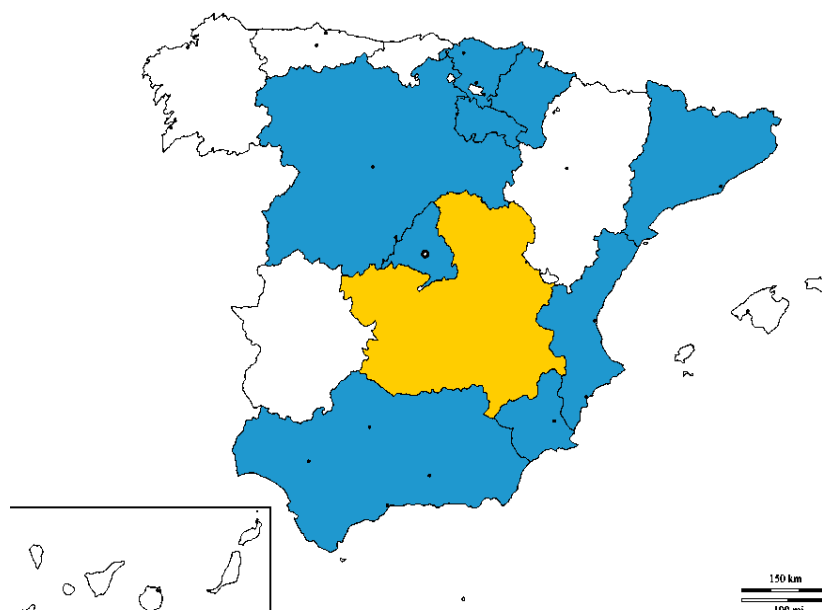


Figura 23. CC.AA. con redes RTK públicas (azul) y vía satélite (amarillo). Fuente: elaboración propia.

Como ya se ha comentado anteriormente, la superficie es un factor condicionante de la aplicación de la agricultura de precisión, y en España el tamaño medio de las explotaciones es bastante pequeño. Aun así, en Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha y Aragón hay bastantes explotaciones con extensiones superiores a las 500 ha, con un elevado potencial para la introducción de estas técnicas. Además no hay que olvidar que el éxodo hacia las ciudades hace que los agricultores cada vez tengan que llevar mayores superficies, por lo que la posible adquisición de alguna de las técnicas anteriormente comentadas podría repercutir positivamente sobre la figura del agricultor.

En cuanto a los usuarios a día de hoy, las empresas de servicios son las que cuentan con mayor número de equipos de agricultura de precisión, aunque también hay algunos agricultores muy innovadores con afición a las nuevas tecnologías que la han implantado en sus fincas. En encuestas realizadas en revisiones periódicas de maquinaria en cuanto a las actitudes frente a la utilización de equipos resaltan que la falta de hábitos en cuanto a la calibración de equipos, comprobación de caudales y la elección y comprobación de la correcta velocidad de trabajo son habituales. En la mayoría de los casos no se trata de una actitud de desinterés por parte del agricultor, sino que se corresponde con un importante déficit de información y formación (Gil, 1997).

Aun así, la introducción de nuevas tecnologías en el campo está íntimamente relacionada e influida por la estructura poblacional en el medio rural. De acuerdo a datos del INE de 2008, aproximadamente un 30% de la población activa agraria ocupada tiene más de 50 años, mientras que la media nacional para el conjunto de los sectores se sitúa en torno al 20%.

Por lo que se refiere al nivel formativo, según datos del Censo Agrario de 2009, y como ya se comentó en el apartado 3.7.1. (Medio Socioeconómico), el 84,9% de los jefes de explotación tenían experiencia exclusivamente práctica, mientras que sólo el 5,7% afirmaban tener formación profesional o universitaria agrícola.

Estos dos datos demográficos pueden explicar, en parte, la lenta implantación de la agricultura de precisión en España.

6.4.2. Barreras para la utilización de la agricultura de precisión

Existe una serie de barreras de diversa índole que han de ser superadas para poder aplicar las técnicas de la agricultura de precisión:

- La adopción de la agricultura de precisión está generalmente ligada a explotaciones con producciones y superficies elevadas, por lo que en un país principalmente minifundista y cerealista como España es previsible que éste sea uno de las principales objeciones a la hora de poner en práctica técnicas de agricultura de precisión;
- El coste de los equipos suele ser percibido como alto, si no se analizan a fondo ni sus ventajas ni el periodo de amortización;
- La existencia de un parque de maquinaria envejecido hace que muchas de las aplicaciones de agricultura de precisión puedan ser no compatible con los tractores de la explotación;
- Se necesita un cierto grado de formación para poder extraer el máximo rendimiento a las prácticas de la agricultura de precisión, ya que tener un mapa de rendimiento no tiene sentido alguno si no se sabe interpretar ni tomar decisiones futuras en base a los datos recogidos en campañas anteriores;
- La población agrícola tiende al envejecimiento. Como ya se comentó en la tabla, el 60% de la población agrícola del municipio en estudio tiene más de 55 años. Se considera, de forma general para cualquier tecnología, que a medida que aumenta la edad del usuario disminuye el grado de incertidumbre, riesgo o innovación que es propicio a adoptar. Esto se acentúa aún más si se considera que las innovaciones repercutirían de forma directa en su principal medio de ingresos económicos;
- Faltan canales de transferencia de tecnología y de programas de formación en los que participen todos los sectores involucrados: investigadores, industria, especialistas, consultores, y, principalmente, agricultores.

6.4.3. Desafíos para la introducción de la agricultura de precisión en España

A continuación se recogen los principales desafíos relativos a la implementación de la agricultura de precisión en España:

- Motivar a los operarios de cosechadoras a recoger información fiable
- Desarrollar habilidades en la recolección e interpretación de datos
- La introducción de estas tecnologías debe ser de forma progresiva, siempre acompañada de programas de formación, jornadas de sensibilización y demostraciones de los equipos por parte de las casas comerciales, que reduzcan la brecha existente entre el agricultor y la tecnología. Actualmente, un numeroso grupo de empresas del sector de la maquinaria agrícola ofrecen cursillos a sus

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 1. Análisis y diagnóstico de la situación de partida

clientes, con el fin de que puedan sacarle el máximo partido a la máquina que hayan adquirido.

- Desarrollar sistemas de investigación basados en condiciones locales. Ya que la rentabilidad de estas técnicas se basa en el manejo sitio-específico, estudios y tecnologías locales que aporten información de la zona tendrán un mayor grado de adaptación.

7. ANÁLISIS DAFO

A continuación se recoge el análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del presente proyecto (Tabla 27):

Tabla 27. Análisis DAFO. Fuente: elaboración propia.

DEBILIDADES	FORTALEZAS
Reticencia de los cooperativistas a aceptar el plan de negocio Parque de maquinaria envejecido Falta de casos de aplicación directa de viticultura de precisión en la zona	Disponibilidad de cobertura de la empresa de servicios en la zona Posibilidad de optimizar los recursos destinados al cultivo de la vid Contribuir a la regeneración del acuífero 23
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
Proyecto ubicado en la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda El coste de los equipos puede ser percibido como alto Límites impuestos al rendimiento por el Consejo Regulador de la D.O. La Mancha	Creación de imagen de marca como cooperativa I+D+i Mejora de la calidad de los vinos a comercializar Reducción de consumos de agua y combustible por innovación del sistema

8. REFERENCIAS

- ALVARADO, E. “Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda: Programas y Actuaciones” (2009). Disponible en http://www.chguadiana.es/corps/chguadiana/data/resources/file/informacion_interes/reserva_biosfera_junio2009.pdf (en línea). Fecha de consulta: 14/12/2014.
- EZCARAY, I. “Agricultura de precisión: elaboración de mapas de consumo y resbalamiento” (2012). Trabajo Fin de Carrera, Universidad Pública de Navarra.
- GARCÍA DEL CASTILLO, J. “Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda: retos y oportunidades de futuro” (2011). Disponible en: http://pagina.jccm.es/medioambiente/planes_programas/reservabiosfera_mancha_humeda.pdf (en línea). Fecha de consulta: 14/14/2014.
- GARCÍA, M. “Hidrogeología de Las Tablas de Daimiel y de Los Ojos del Guadiana. Bases hidrogeológicas para una clasificación funcional de humedales ribereños” (1996) Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- GARCÍA, P., PÉREZ, M.E. “Suelos salinos en la cuenca del río Cigüela (Cuenca Alta del Guadiana)” (2007) Revista de Teledetección, 27: 53-58.
- GIL E. “Situación actual y posibilidades de la agricultura de precisión” (1997) Disponible en ocw.upc.edu/download.php?file=15013097/28038-3918.pdf (en línea). Fecha de consulta: 12/12/2014.
- GIL SIERRA J. “Concepto y situación en España de la agricultura de precisión” (2008) Vida Rural, 271.
- HIDALGO, L. “Tratado de Viticultura General” 3ª edición (Madrid, 2002) Ediciones Mundi-Prensa.
- JEREZ, O. “La Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda y la Cuenca Alta del Guadiana: Guía didáctica del medio físico y de la evolución de los paisajes” (2010). Universidad de Castilla-La Mancha.
- LÓPEZ-GUNN, E., DUMONT, A., VILLARROYA, F. “Tablas de Daimiel National Park and groundwater conflicts” (2012) Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle? Cap. 20.
- MAOHUA, W. “Possible adoption of precision agricultura for developing countries at the threshold of the new millenium” (2001) Computers and Electronics in Agriculture, 30: 45-50.
- OLMEDA, M., CASTILLO, J.S., BERNABÉU, R., DÍAZ, M. “El viñedo y el vino de Castilla-La Mancha: Análisis productivo y comercial” (Cuenca, 2003) Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha
- PÉREZ, M.A. “Humedales de la confluencia de los ríos Riansares y Cigüela: Estudio de ciertas funciones relevantes en Geografía Física” (1995) Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid
- VALERO, C. “Situación actual de la agricultura de precisión en España” (2004) Vida Rural, 192.
- ZHANG, N., MAHOUA, W., WANG N. “Precision agriculture – a worldwide overview” (2002) Computers and Electronics in Agriculture, 36: 113-132.



“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

ANEJO II

ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DISPONIBLE	2
2.1.	Redes inalámbricas de sensores	2
2.1.1.	Características	2
2.1.2.	Componentes	3
2.1.3.	Ventajas	4
2.1.4.	Inconvenientes	4
2.2.	Sensórica remota	5
2.2.1.	UAVs	5
2.2.2.	Teledetección	8
2.3.	Sensores de cubierta	10
2.3.1.	Características	10
2.3.2.	Componentes	11
2.3.3.	Ventajas	11
2.3.4.	Inconvenientes	11
2.4.	Sensores en maquinaria de recolección	12
2.4.1.	Características	12
2.4.2.	Componentes	12
2.4.3.	Ventajas	13
2.4.4.	Inconvenientes	13
2.5.	Sensores para la caracterización del suelo	13
2.5.1.	Características	13
2.5.2.	Componentes	14
2.5.3.	Ventajas	14
2.5.4.	Inconvenientes	14
2.6.	Resumen de las tecnologías disponibles	15
3.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	16
4.	CONDICIONANTES DEL PROMOTOR	16
5.	METODOLOGÍA DE ELECCIÓN	16
6.	ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS	19
7.	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS	21
8.	REFERENCIAS	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red WSN. 4

Figura 2. Componentes dron. 6

Figura 3. Componentes teledetección..... 9

Figura 4. Componentes sensor de cubierta portátil. 11

Figura 5. Sensor Force-A sobre vendimiadora New Holland. 12

Figura 6. Sensor Geonics EM38-DD..... 14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro-resumen de las tecnologías disponibles.....	15
Tabla 2. Ejemplo análisis multicriterio.....	17
Tabla 3. Criterios y ponderaciones.	18
Tabla 4. Valoraciones alternativa 1.	19
Tabla 5. Valoraciones alternativa 2.	19
Tabla 6. Valoraciones alternativa 3.	20
Tabla 7. Valoraciones alternativa 4.	20
Tabla 8. Matriz multicriterio.	21

1. INTRODUCCIÓN

Los principales objetivos de este anejo son el análisis y la comparación entre los diferentes tipos de tecnología relacionada con la sensórica de calidad de cultivo que se encuentra disponible en el mercado. Para cada una de ellas se analizarán sus características y componentes, así como los aspectos más favorables y desfavorables.

2. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DISPONIBLE

2.1. Redes inalámbricas de sensores

Las redes de sensores se pueden instalar a nivel unipersonal o compartido. Dentro de este anejo se considerará solo la opción de la red de sensores compartida, ya que el marco de actuación es la cooperativa.

2.1.1. Características

Las redes inalámbricas de sensores, WSN (del inglés *Wireless Sensor Networks*) fueron designadas en 2003 por el MIT como la primera de las 10 tecnologías emergentes que cambiarían el mundo (Huang, 2003). Así mismo, el número de empresas que fabrican sensores en un país está considerado como un indicador tecnológico.

Entre los parámetros que definen cualquier WSN se encuentran: vida útil, tiempo de respuesta, cobertura de la red, precisión y frecuencia de las mediciones, seguridad y coste y facilidad de instalación.

Avances recientes en WSN ofrecen amplias oportunidades para la investigación y el desarrollo, consecuencia de la disminución de los costes de tener los sensores en propiedad, del hecho de que cada vez sean sensores más pequeños y los logros conseguidos en los circuitos digitales.

Dentro de las diversas aplicaciones de las WSN destacan: el monitoreo medioambiental, la agricultura de precisión, máquinas y procesos de control, automatización y sistemas de trazabilidad.

En el monitoreo medioambiental se puede enmarcar el monitoreo de condiciones meteorológicas y el monitoreo medioambiental georreferenciado.

En el ámbito de la agricultura de precisión, los sensores se pueden emplear para la recolección de datos espaciales, riego de precisión, tecnología de ratio variable y para suministrar datos a los agricultores.

El desarrollo de las aplicaciones de las WSN en la agricultura de precisión hace posible incrementar la eficiencia, productividad y rentabilidad, a la vez que se minimizan los impactos colaterales en el medioambiente. La información en tiempo real de la

explotación hará que los agricultores tengan una base sólida sobre la que ajustar sus estrategias, en vez de basar sus decisiones en unas hipotéticas condiciones representativas de la parcela, que no tienen por qué cumplirse en cada punto.

2.1.2. Componentes

Una WSN está compuesta por los siguientes elementos:

- Sensores. De distinta naturaleza y tecnología, toman del medio la información y la convierten en señales eléctricas. Los sensores inalámbricos permiten, además, integrar MEMS (del inglés *Micro-Electro-Mechanical Systems Sensors*) con las unidades de radio para formar “motes”, más baratos, más pequeños y con menos requerimientos de potencia. Hay una gran variedad de MEMS disponibles, incluyendo sensores de presión, temperatura, humedad, posición, velocidad y vibración entre muchos otros.
- Nodos sensor o procesadores de radio. Toman los datos del sensor a través de sus puertas de datos, y envía la información a la estación base. Los nodos sensores se suelen definir por su robustez y capacidad de comunicación, tanto con otros nodos como con la estación base.
- Gateway. Elementos para la interconexión entre la red de sensores y una red TCP/IP, tal como LAN (*Local Area Networks*), WLAN (*Wireless Local Area Networks*), Internet, CAN (*Controller Area Network*) o WWAN (*Wireless Wide Area Network*), usando protocolos estándar como GSM (*Global System for Mobile communication*) o GPRS (*Global Packet Radio Service*). También es posible crear una WSN usando Wi-Fi, pero se consume mucha más potencia, lo que reduce la autonomía de las baterías de forma considerable.
- Estación base. Recolector de datos basado en un ordenador común o sistema embebido;
- Red inalámbrica. Basada en ZigBee o Bluetooth. Ambas operan en la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical Radio Bands*), a 2.4 GHz, lo que hace que las operaciones tengan licencia libre, una amplia distribución del espectro y compatibilidad mundial. En general, a medida que se incrementa la frecuencia, se aumenta el ancho de banda, permitiendo mayor volumen de datos, si bien los requerimientos de potencia son mayores y la distancia de transmisión menor.

La integración de estos elementos queda reflejada en la figura 1:



Figura 1. Red WSN. Fuente: <http://rtcmagazine.com/>

2.1.3. Ventajas

En comparación con las redes cableadas, las WSN pueden operar en una amplia gama de situaciones, arrojando ventajas relativas a los costes, el tamaño, la potencia y la flexibilidad.

Además, al ser una red inalámbrica elimina cualquier problema que pudiera aparecer derivado del corte de alguno de los cables que formasen la red de sensores.

Otra ventaja derivada de la inexistencia de una red cableada es que las redes inalámbricas se pueden instalar allí donde el cableado es imposible de realizar.

Ya que la instalación es más sencilla, se podrá tener una mayor densidad de sensores, que provean datos detallados a nivel local. Aplicando este principio al riego de precisión, en vez de regar una parcela entera en base a los datos obtenidos de un sensor que abarca un área muy extensa, cada sección podría ser regulada basándose en sensores locales que abarquen zonas más concretas.

2.1.4. Inconvenientes

Debido a la presencia a la intemperie de los sensores, se debe considerar el efecto producido por diversos factores ambientales, tales como la humedad y la precipitación, sobre su capacidad de trabajo, ya que pueden provocar la pérdida de la señal. La temperatura ambiente también afecta al rendimiento de los motes. Además, estudios experimentales han demostrado que niveles bajos de batería tienen un efecto negativo sobre la variabilidad de las medidas obtenidas (Ruiz, 2008).

Otro factor a tener en cuenta es la densidad foliar del cultivo, que se va incrementando con el tiempo, lo que afecta a la propagación de la señal por encima de la cubierta vegetal, atenuándose y observándose variaciones en la intensidad de la señal recibida. De acuerdo a Goense y Thelen (2005), se deduce que se darán las señales más débiles cuando el cultivo tenga su cubierta vegetal totalmente desarrollada. Así, estimaron que en esos momentos de desarrollo del cultivo, el rango de cobertura de señal se limitaba a 11 metros si se instalaban en la masa vegetativa, por lo que sería necesaria una densidad de al menos 100 motes por hectárea para garantizar una comunicación fiable por encima de la cubierta vegetal. En el caso de instalar estos motes por encima de la altura de la cubierta vegetal, una densidad de entre 4 y 6 motes por hectárea asegura una buena cobertura de toma de datos.

Aparecen también otros problemas asociados con esta tecnología:

- Muchos usuarios potenciales todavía están esperando evidencias de éxito
- La ingente cantidad de datos generada ha de ser absorbible y procesable
- Problemas asociados a la seguridad todavía han de ser solventados
- La red de suministro eléctrico es de vital importancia en estas redes
- Falta de personal especialmente cualificado para resolver problemas técnicos

2.2. Sensórica remota

La sensórica remota abarca tecnologías que se instalan en vehículos como los UAVs (del inglés *Unmanned Aerial Vehicles*) o en aviones o satélites, en cuyo caso se denomina teledetección.

Se considera que la sensórica remota está muy involucrada en la agricultura de precisión, en la medida en que se ocupa de la recolección de datos, el mapeado de la variabilidad de las parcelas y la toma de decisiones (Stafford 2000; Warren and Metternich 2005). Está comúnmente aceptado que es de vital importancia obtener imágenes actualizadas durante el proceso de la toma de decisiones agronómicas.

La premisa básica para aplicar la sensórica remota a la agricultura de precisión es que las variaciones en el espectro se pueden correlacionar con diferencias en el desarrollo del cultivo y en las condiciones del suelo (Warren and Metternich 2005). Por ejemplo, cambios en la reflectancia pueden ser detectadas antes de que síntomas causados por hongos o mildiu sean apreciables por el ojo humano sobre las hojas.

2.2.1. UAVs

2.2.1.1. Características

Los drones o UAV (del inglés *Unmanned Aircraft Vehicles*) se caracterizan por ser vehículos sin tripulación, capaces de mantener un nivel de vuelo controlado y sostenido, y propulsado por un motor de explosión o de reacción.

Entre las aplicaciones de los UAV que se encuentran en la literatura científica destacan el mapeado de pastizales (Hardin and Jackson 2005), como elemento de ayuda en la

gestión de viñedos (Primicerio et al. 2012), para documentar el estrés hídrico en los cultivos (Berni et al 2009), para monitorizar la biomasa del cultivo (Swain et al. 2010), para detectar la presencia de malas hierbas (Hardin et al. 2007) y para asesorar sistemas de riego a escala de campo. Algunos de los cultivos que han sido evaluados con estos vehículos son el arroz (Swain et al. 2010), el trigo (Hunt et al. 2010), el maíz (Hunt 2005) y el turfgrass (Xiang and Tian, 2011).

Desafortunadamente, y a pesar del enorme potencial de esta tecnología, la literatura es escasa si se compara con la existente en teledetección. Algunos de los estudios que han empleado las imágenes obtenidas de los UAV para relacionarlos con índices de vegetación y carencias de nitrógeno se han hecho sobre soja (Hunt 2005), arroz (Swain et al. 2007) y trigo (Lelong et al. 2008).

De lo anterior se desprende que el mayor reto con el que se encuentra esta tecnología es encontrar perfiles de reflectancia de la cubierta vegetal que se puedan asociar, de forma directa o indirecta, con agentes de estrés biótico o abiótico.

2.2.1.2. Componentes

Un UAV está compuesto generalmente por:

- Varios motores (4,6 u 8) con accionamiento directo sobre sus respectivos álabes. Para hacer que el UAV avance, cambie de dirección o permanezca en posición flotante, se tiene un control independiente de la velocidad de giro de cada rotor;
- Sistema de posicionamiento (DGPS, RTK), que permiten establecer planes de vuelo para obtener imágenes perfectamente georreferenciadas;
- Cámaras, que recogen información sobre datos de reflectancia del cultivo.

La integración de los componentes puede observarse en la figura 2:

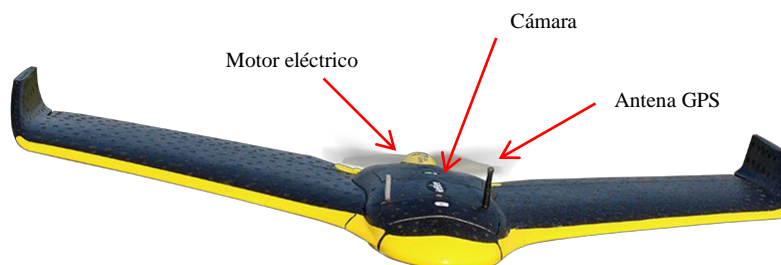


Figura 2. Componentes dron. Fuente: elaboración propia a partir de <https://www.sensefly.com/>

Para entender la información obtenida, se parte de la premisa de que cuando un cultivo está estresado, su eficiencia en la utilización de la luz se reduce, lo que se traduce en valores más altos de reflectancia que si se comparan con aquellos obtenidos de un cultivo en condiciones normales.

Debido a la cantidad de información generada, es de vital importancia tener un adecuado procesamiento de las imágenes obtenidas para poder corregir efectos derivados de la inclinación y sombras por la posición del vehículo y del Sol en los momentos en los que se tomaron las imágenes. Para asociar los datos obtenidos con condiciones agronómicas es necesario tener un equipo de trabajo multidisciplinar, condiciones que

se dan de forma idónea en comunidades de usuarios con asesoramiento técnico específico.

En situaciones en las que se quiera cubrir áreas muy extensas con este tipo de vehículos, hay que tener en cuenta que el tiempo de procesamiento del gran volumen de datos generados puede ser bastante elevado.

2.2.1.3. Ventajas

Los UAV se presentan como una tecnología con una elevadísima resolución espacial (centimétrica), con unos costes operacionales relativamente bajos y que ofrece imágenes casi en tiempo real. Estas tres características hacen de estas plataformas, a priori, herramientas ideales para emplear en la agricultura de precisión.

En comparación con los sistemas de teledetección, los UAV presentan la ventaja de no estar influenciados por la situación atmosférica y la presencia de nubes. Además, la frecuencia temporal con la que se pueden tomar imágenes de las parcelas puede ser mucho más alta que en el caso de la teledetección, lo que hace que se puedan programar vuelos a la demanda. Cabe destacar que, en función del objetivo del vuelo, se podría regular su resolución (llegando como máximo a resolución centimétrica) variando la altura de vuelo.

Si se comparan con los sistemas no tripulados anteriormente comentados (dirigibles, cometas y globos), los UAV presentan como ventaja el hecho de tener una mayor estabilidad y un control más preciso del vuelo.

2.2.1.4. Inconvenientes

El hecho de ser vehículos no tripulados de pequeño tamaño lleva asociadas una serie de dificultades o desventajas que a continuación se desarrollan.

Los principales inconvenientes de esta tecnología son su escasa capacidad portante (generalmente inferior a 1 kg), su limitada autonomía de vuelo (inferior a 1 h), los problemas asociados al mantenimiento de una altura de vuelo constante, la estabilidad del vuelo en condiciones de viento y turbulencias, y la necesidad de obtener permisos especiales para poder efectuar los vuelos.

Su escasa capacidad portante restringe significativamente el uso de cámaras empleadas en teledetección, como las hiperspectrales, por lo que se emplean cámaras RGB o multispectrales con varias longitudes de onda. Nebiker et al. (2008) establecieron que las limitaciones de peso se encuentran en torno al 20-30% del peso total del sistema.

El hecho de emplear cámaras RGB, menos estables, hace que se limite la calidad óptica, las lentes que se pueden emplear, el enfoque automático, y, especialmente para la recogida de imágenes de cultivos, la falta de banda de infrarrojo cercano o NIR (del inglés *Near Infrared Band*). Aunque existen cámaras multispectrales específicas para montar sobre UAVs con la banda NIR, como las mini MCA, en la actualidad son bastante caras.

Por último se deben tener en cuenta las distorsiones geométricas que se pueden producir, derivadas de la baja altitud de vuelo (Xiang and Tian 2011).

2.2.2. Teledetección

2.2.2.1. Características

La teledetección aplicada al mundo agrícola se ha utilizado generalmente en explotaciones latifundistas, ya que se pueden cubrir grandes extensiones de terreno. Estas aplicaciones están basadas en la relación entre la reflectancia multispectral, la temperatura de la cubierta vegetal, la fotosíntesis y la evapotranspiración. Se puede monitorizar, por lo tanto, el crecimiento del cultivo y estreses varios, e incluso se puede predecir el rendimiento del cultivo.

La literatura referida a las aplicaciones agrícolas de la teledetección es muy extensa. Johnson et al. (2003), por ejemplo, obtuvieron mapas de IAF en un viñedo sirviéndose de la ayuda del satélite IKONOS y empleando la banda del infrarrojo.

2.2.2.2. Componentes

Un sistema de teledetección cuenta generalmente con los siguientes componentes:

- Plataformas de obtención de imágenes. Las imágenes se pueden obtener directamente de la información recogida de los satélites en órbita o de los vuelos planificados con aviones y helicópteros destinados a esta práctica.
- Cámaras digitales o analógicas, que van montadas sobre un soporte en las plataformas de obtención de imágenes. Las cámaras digitales son más comunes, ya que permiten automatizar los procesos y reducir los plazos de obtención de la información. Algunos modelos comerciales de cámaras digitales son: Leica ADS40, Zeiss DMC y Vexcel ULTRACAM.
- Sensor LIDAR (*Light Detection and Ranging*). Trabaja escaneando mediante láser la superficie terrestre. Se caracteriza por su rapidez y precisión.
- Sistema de posicionamiento. Las imágenes deben estar georreferenciadas mediante un GPS instalado en la plataforma de obtención de imágenes.
- Sistemas de almacenamiento
- Software de procesamiento que se pueda integrar con el SIG (Sistema de Información Geográfica) y que permita corregir las imágenes obtenidas en los vuelos

Los componentes quedan relacionados como se muestra en la figura 3:

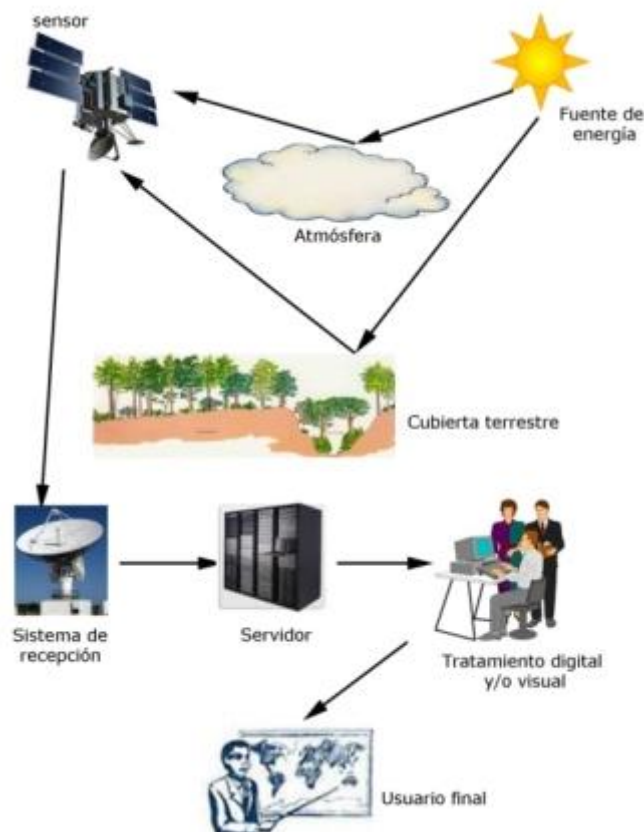


Figura 3. Componentes teledetección. Fuente: <https://comunidadrediam.files.wordpress.com/>

2.2.2.3. Ventajas

La principal ventaja que presenta la teledetección es la gran resolución radiométrica (Hall et al. 2002) que se puede aplicar en agricultura, ya que utiliza la banda espectral infrarroja, en la que la vegetación destaca más sobre el resto de elementos (Lamb et al. 2001).

2.2.2.4. Inconvenientes

Problemas asociados con la teledetección incluyen elevados costes, la problemática derivada de la existencia de nubes cuando se están tomando los datos y la baja resolución espacial. También se debe tener cuenta el procesado, que suele no ser suficiente para producir imágenes que le sean de utilidad al agricultor.

La integración y relación de los datos obtenidos con datos agronómicos también puede llegar a constituir un problema, ya que se puede llegar a requerir una resolución muy alta, como por ejemplo para tratar malas hierbas, que estos sistemas generalmente no pueden ofrecer.

Los sensores más avanzados en la actualidad (WorldView-2, GeoEye-1) han mejorado la frecuencia de toma de datos, si bien los valores más optimizados que se han obtenido han sido 1 o 2 días.

La teledetección, a diferencia de sistemas como GPS o GIS, no es un sistema muy utilizado por los agricultores, a pesar de su potencial como herramienta de ayuda a la

toma de decisiones dentro de la parcela. Si se considera a un agricultor medio, hay que tener en cuenta la falta de familiaridad con esta tecnología.

También se debe tener en cuenta que el agricultor lo que persigue es tener información de forma casi inmediata durante la etapa de desarrollo del cultivo, a la mayor resolución posible.

Respecto a la baja adopción de esta tecnología en la agricultura de precisión, Griffin et al. (2004) sugirieron que la razón principal era la falta de estimadores económicos fiables de la inversión.

2.3. Sensores de cubierta

2.3.1. Características

El principio básico sobre el que se fundamenta esta tecnología es la propiedad de reflectancia de la cubierta vegetal. Ya en el siglo pasado Gausman (1977) dejó constancia del alto porcentaje de reflectancia de la vegetación en la banda infrarroja. Posteriormente Weekley (2007) confirmó la existencia de un rango específico de la banda infrarroja, donde la reflectancia aumentaba considerablemente: la franja roja, entre 700 y 800 nm. Conociendo estos picos en el espectrómetro, es posible distinguir un grupo de plantas afectado por alguna patología, ya que reducirán su reflectancia en el infrarrojo (Hahn, 2009).

Este tipo de sensores mide principalmente el NDVI (del inglés *Normalized Difference Vegetation Index*), un factor predictivo de la cantidad y la calidad de la vegetación. Cuando la vegetación está alcanzando la cobertura completa, no obstante, el NDVI ya no es tan eficaz a la hora de distinguir entre un cultivo sano y uno estresado. En estos casos, algunas casas comerciales incluyen sensores que miden también el NDRE (del inglés *Normalized Difference Red Edge*).

Otro parámetro que también pueden medir estos sensores es el PRI (del inglés *Photochemical Reflectance Index*), que, junto con el NDVI, forman parte de los índices conocidos como de espectro de la vegetación. La diferencia entre ambos índices subyace en las propiedades de la cubierta vegetal que miden. Mientras que el NDVI mide propiedades estructurales (LAI, interceptación de la luz, biomasa), el PRI mide propiedades funcionales (eficiencia de uso de la luz, pigmentos foliares)

A partir del NDVI se puede obtener el LAI (del inglés *Leaf Area Index*), el área fotosintética total por unidad de superficie terrestre donde crece la vegetación (Gobron, 2008).

Los sensores de cubierta vegetal pueden ir montados sobre maquinaria agrícola o ser portátiles. Estos sensores de vegetación pueden medir, además de parámetros como el NDVI, el contenido de determinados compuestos químicos en los frutos. A modo de ejemplo, existen sensores empleados en viticultura de precisión que miden el contenido en antocianinas y en flavonoides en las uvas tintas y blancas, respectivamente, así como el nivel de clorofila.

El hecho de que el estado de nitrógeno en la planta no se pueda medir a través de sensórica remota hace que se necesite un indicador indirecto, que no es otro que el nivel

de clorofila, dada la estrecha correlación entre los dos parámetros en la mayoría de los cultivos (Daughtry et al., 2000). Estudios experimentales (Pinar and Curran, 1996) observaron que la franja roja es sensible al contenido en clorofila y al estado de nitrógeno. Estos estudios revelaron que si se incrementaba la concentración de clorofila, el pico esperado en la franja roja se desplazaba hacia la zona del infrarrojo cercano.

2.3.2. Componentes

Los sensores de cubierta incorporan generalmente los siguientes componentes:

- Canales de luz, generalmente LED, con 4 canales de excitación: UV, azul, verde y rojo
- Pantalla para realizar el seguimiento de los datos obtenidos
- Antena GPS que permite georreferenciar las medidas realizadas en campo
- Puerto USB para poder extraer los datos obtenidos
- Algunos incluyen una tarjeta de memoria externa SD para conseguir mayor autonomía de almacenamiento

En la figura 4 se muestra un esquema representativo de los componentes de un sensor de cubierta portátil (Duallex Scientific™, Force A)



Figura 4. Componentes sensor de cubierta portátil. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

2.3.3. Ventajas

Al obtenerse medidas directas en tiempo real, las decisiones también se pueden tomar en tiempo real. Además, se trata de métodos no destructivos, que pueden tomar datos de la cubierta aunque ésta esté ya desarrollada.

Portátiles, sin necesidad de equipos adicionales.

2.3.4. Inconvenientes

En el caso de los sensores portátiles, es más tedioso y menos productivo tener que estimar el vigor de una masa de vegetación relativamente extensa.

2.4. Sensores en maquinaria de recolección

2.4.1. Características

Los sensores montados sobre maquinaria de recolección, en este caso vendimiadoras, pueden tener un carácter muy variable. Se pueden instalar, por ejemplo, sensores para la determinación del pH, células de carga para estimar el rendimiento del cultivo, sensores de temperatura de las bayas y sensores para la estimación del contenido de azúcares.

2.4.2. Componentes

Los componentes de los sensores montados sobre maquinaria de recolección dependen fundamentalmente del parámetro que se quiera medir.

En el caso de los sensores para estimar el contenido de antocianinas de las bayas mientras están siendo recolectadas, la serie de vendimiadoras Braud 9000 de New Holland incluye un fluorómetro Force-A que mide en movimiento y en tiempo real la calidad de los racimos (Fig. 5).



Figura 5. Sensor Force-A sobre vendimiadora New Holland. Fuente:
<http://agriculture1.newholland.com/>

Si las vendimiadoras equipadas con estos sensores cuentan con una antena GPS es posible realizar mapas de variabilidad en el contenido de antocianinas.

2.4.3. Ventajas

Es una forma rápida y sencilla de obtener información acerca del cultivo que está siendo cosechado, si bien es necesario poder traducir después el volumen de datos generado en mapas que el usuario sea capaz de interpretar.

2.4.4. Inconvenientes

Si bien estos sensores ofrecen información en tiempo real al agricultor, esta información se proporciona una vez que el cultivo ya está siendo cosechado, por lo que no se pueden aplicar medidas preventivas en el caso de que se detecte algún tipo de anomalía.

Además, la disponibilidad de esta tecnología está sujeta a que la maquinaria empleada pueda soportar estos sensores o los lleve instalados de serie.

2.5. Sensores para la caracterización del suelo

2.5.1. Características

Los sensores que miden atributos del suelo son de gran relevancia, ya que permiten determinar distintas zonas de manejo dentro de una misma parcela. Un sensor de suelo ideal debe correlacionar las mediciones analíticas con la variabilidad de un determinado atributo del suelo, como la conductividad eléctrica o el pH.

Existe una gran diversidad de sensores móviles (*on-the-go*) para medir distintos parámetros relacionados con el suelo, que se resumen a continuación:

- Sensores eléctricos y electromagnéticos. Miden la resistividad eléctrica y/o la conductividad, así como la capacitancia o inductancia, que se ven afectadas por la composición del suelo;
- Sensores ópticos y radiométricos. Usan ondas electromagnéticas para detectar el nivel de energía absorbida o reflejada por las partículas del suelo;
- Sensores mecánicos. Miden la resistencia del suelo al paso de una herramienta de laboreo;
- Sensores acústicos. Cuantifican el sonido producido por una herramienta al interactuar con el suelo;
- Sensores neumáticos. Evalúan la capacidad para inyectar aire en el suelo;
- Sensores electroquímicos. Emplean membranas selectivas de iones que producen un voltaje de salida como respuesta a la actividad de los iones seleccionados (H^+ , K^+ , ...)

Sin embargo, a pesar de la diversidad de sensores, los que más se comercializan dentro del ámbito de la agricultura de precisión son los sensores eléctricos y electromagnéticos. Esto se debe a que con estos sensores se puede obtener información sobre los diferentes tipos de suelo, para poder diferenciar así diferentes zonas de manejo (Adamchuk et al., 2004).

2.5.2. Componentes

Cada tipo de sensor para la caracterización del suelo cuenta con sus propios componentes, derivado de las distintas propiedades físicas que pueden medir. Aun así, suelen compartir los siguientes componentes:

- Sensor en sí mismo
- Carcasa protectora que facilite su transporte y reduzca el riesgo de que se dañe
- Data-logger que registra los datos obtenidos
- Pantalla que permita visualizar los registros
- Antena GPS para georreferenciar las medidas
- Puerto USB para exportar los datos

En la figura 6 se muestra un ejemplo de sensor comercial de inducción electromagnética para la caracterización del suelo (Geonics EM38-DD)



Figura 6. Sensor Geonics EM38-DD. Fuente: <https://www.grdc.com.au/>

2.5.3. Ventajas

Es posible, tras un adecuado procesado de la información obtenida en campo, generar mapas con zonas de manejo específicas.

2.5.4. Inconvenientes

En algunos tipos de sensores, el hecho de tener que introducir los electrodos en el suelo puede suponer un problema, especialmente si se trata de suelos pedregosos, típicos en la zona mediterránea.

2.6. Resumen de las tecnologías disponibles

A continuación se recoge un resumen de los principales aspectos analizados para cada una de las tecnologías disponibles (Tabla 1):

Tabla 1. Cuadro-resumen de las tecnologías disponibles. Fuente: elaboración propia.

REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Amplias oportunidades para la investigación y el desarrollo Información en tiempo real Ayuda en la toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores • Nodos • Gateway • Estación base • Red inalámbrica 	Redes no cableadas Instalación sencilla Bajo coste Obtención de datos a nivel local	Constante exposición a condiciones ambientales Efecto de la densidad foliar del cultivo sobre el rendimiento
UAV			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Vehículos no tripulados Monitoreo ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Varios motores • GPS • Cámaras 	Resolución espacial (cm) Costes operacionales bajos No influidos por nubes Control preciso del vuelo	Escasa capacidad portante Limitada autonomía de vuelo
TELEDETECCIÓN			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Vehículos tripulados En grandes extensiones	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma • Cámaras • Sensor LIDAR • GPS 	Resolución radiométrica	Elevados costes Baja resolución espacial Frecuencia de toma de datos
SENSORES DE CUBIERTA			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Basados en la reflectancia de la cubierta Montados sobre maquinaria o portátiles	<ul style="list-style-type: none"> • LEDs • Pantalla • GPS • Puerto USB 	Medidas en tiempo real Método no destructivo	Menor rendimiento en la toma de datos
SENSORES EN MAQUINARIA DE RECOLECCIÓN			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Carácter variable	Los propios del sensor instalado	Método rápido y sencillo	Carácter informativo Maquinaria preparada para los sensores
SENSORES PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
<u>Características</u>	<u>Componentes</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
Amplia gama de sensores	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor • Carcasa • Data-logger • Pantalla • Antena GPS • Puerto USB 	Generación de mapas con zonas de manejo específicas	Problemática en suelos pedregosos

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

La integración de la información que ofrecen las prácticas de agricultura de precisión puede ser, si se les da el tratamiento adecuado, una herramienta de valor incalculable para el agricultor, tanto a nivel económico como productivo. Es por ello que la finalidad principal del proyecto es ejecutar un plan de negocio basado en la oferta de diferentes tipos de servicios relacionados con la sensórica, las tecnologías de la información y las comunicaciones. Se pretende así suministrar información de fácil manejo al agricultor para que pueda gestionar mejor sus cultivos y los recursos dedicados a ellos, así como llevar a cabo un proceso de toma de decisiones respecto a sus fincas de la forma más realista posible, basándose en los datos empíricos obtenidos.

Los agricultores implicados en este proyecto, al estar incluidos dentro de la cooperativa vitícola “Nuestra Señora de la Paz”, son candidatos ideales a establecer alguna de las alternativas estratégicas que se presentarán en el punto 5. *Alternativas estratégicas*, ya que al ser la superficie a considerar mayor, la variabilidad entre las parcelas también lo será, lo que, en término último, es lo que justifica la agricultura de precisión.

4. CONDICIONANTES DEL PROMOTOR

El promotor del proyecto es la cooperativa vitícola “Nuestra Señora de la Paz”, ubicada en el término municipal de Villarta de San Juan (Ciudad Real).

Dada la problemática medioambiental reinante en la zona, la motivación principal del proyecto no es sólo optimizar los rendimientos de los cultivos en el ámbito de la cooperativa, sino también contribuir a la recuperación del acuífero 23 mediante el uso racional del agua de riego y la disminución de la contaminación con agro-químicos.

El proyecto se realiza con la intención de que sea ejecutable, y a esta condición están sometidos la mayoría de los condicionantes. El primero se refiere a la optimización de los costes, esto es, que la inversión a realizar se manifieste de forma clara en una reducción de los gastos derivados de los inputs o en un incremento de los beneficios como consecuencia de la optimización de las producciones.

Otro aspecto fundamental para el promotor es la facilidad de acceso a repuestos y accesorios. Relacionado íntimamente con esto está la disponibilidad de equipos de sustitución durante el mantenimiento y la reparación. Ambos criterios son de gran importancia, ya que si se considera la toma de datos en tiempo real como uno de los beneficios que podría acarrear este proyecto, el no disponer de repuestos y/o equipos de sustitución podría suponer la pérdida de los datos que no se hubieran podido tomar durante los periodos de mantenimiento y reparación.

5. METODOLOGÍA DE ELECCIÓN

Para llevar a cabo la elección entre una gama de alternativas posibles en un proyecto de ingeniería es necesario identificar, cuantificar y valorar ventajas e inconvenientes de

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 2. Alternativas estratégicas

cada una de ellas. Existen numerosas metodologías para el análisis de alternativas: análisis multicriterio, programación lineal, análisis económico,... En este proyecto se empleará el análisis multicriterio por ser el análisis más común.

El análisis multicriterio consiste en evaluar cada una de las alternativas en función de una serie de criterios, que se recomienda que sean independientes, tales como las prioridades del promotor, criterios técnicos, criterios económicos y condicionantes del medio entre otros. Tanto el número de alternativas como el de criterios no debe ser muy elevado, ya que si así fuera se deberían llevar a cabo análisis multicriterio en serie.

Una vez identificados los criterios, a cada uno de ellos se les asigna una puntuación P_{Cj} , comprendida entre 0 y 1.

$$0 \leq P_{Cj} \leq 1$$

A continuación se procede a analizar la alternativa, ponderándola en relación a los criterios especificados. Se deben cumplir los siguientes requisitos:

$$\sum_{i=1}^{i=n} V_{A_j C_j} = 1$$
$$0 \leq V_{A_i C_j} \leq 1$$

Estas expresiones matemáticas limitan el valor del producto de la valoración de una alternativa respecto a un criterio y este mismo, a un valor inferior a uno. Y también restringen el reparto de las valoraciones de todas las alternativas para un único criterio, de forma que la suma de todas las filas de la matriz multicriterio tiene que ser la unidad.

Durante la realización del análisis multicriterio se obtendrá una tabla similar a la tabla 2:

Tabla 2. Ejemplo análisis multicriterio. Fuente: A.I.García. Apuntes de la asignatura Proyectos. ETSI Agrónomos de Madrid. 2012.

CRITERIOS	PONDERACIÓN CRITERIOS	ALTERNATIVAS		
		A1	Ai	An
C ₁	PC ₁	V _{A₁C₁} ·PC ₁	V _{A_iC₁} ·PC ₁	V _{A_nC₁} ·PC ₁
C ₂	PC ₂			
.	.			
.	.			
C _i	Pc _i	V _{A₁C_i} ·PC _i	V _{A_iC_i} ·PC _i	V _{A_nC_i} ·PC _i
.	.			
.	.			
C _n	PC _n	V _{A₁C_n} ·PC _n	V _{A_iC_n} ·PC _n	V _{A_nC_n} ·PC _n

A partir de los condicionantes desarrollados en el Apartado 4, se establecen cuatro criterios que servirán para valorar las alternativas estratégicas. A cada criterio se le

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 2. Alternativas estratégicas

asignará una puntuación entre 0 y 1, que se corresponde con la importancia que tiene dentro de las necesidades del proyecto.

- Primer criterio: AYUDA EN LA TOMA DE DECISIONES SOBRE EL MANEJO DEL CULTIVO

Si se van a aplicar técnicas de agricultura de precisión, lo que se persigue es que se conviertan en herramientas de ayuda en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo, a corto, medio o largo plazo. Este criterio se valorará por tanto con 0,8, el valor más alto de todos los criterios.

- Segundo criterio: PRECIO

Es evidente que el precio es uno de los factores determinantes a la hora de adquirir una nueva tecnología para la explotación. Así, cuanto más bajo sea el precio, más sencilla será su difusión y aceptación. Dada la diversidad en las alternativas estratégicas, se considera la importancia de este criterio con 0,5.

- Tercer criterio: FACILIDAD DE ACCESO A REPUESTOS Y ACCESORIOS

Dado que lo que se pretende es que estas herramientas tengan un uso continuado, es preferible que el distribuidor se encuentre en una zona cercana a la zona de implantación del proyecto. Se considera este criterio con 0,2.

- Cuarto criterio: COSTE DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES

Los costes de mantenimiento no pueden suponer una fuente de complicaciones y gastos adicionales e inesperados. Muchas veces esta incertidumbre hace que el agricultor sea reacio a adquirir nuevos equipos, por lo que se valora este criterio con 0,3.

- Quinto criterio: NIVEL DE INFORMACIÓN QUE APORTA LA TECNOLOGÍA

Ya que mediante este proyecto se pretende implementar tecnologías que faciliten el manejo de la plantación conociendo todos los posibles parámetros que pudieran ser condicionantes del desarrollo del cultivo, este criterio se valorará con 0,4.

En la siguiente tabla (Tabla 3) se resumen los criterios considerados, así como su importancia relativa.

Tabla 3. Criterios y ponderaciones. Fuente: elaboración propia

Criterio	Ponderación
Ayuda en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo	0,8
Precio	0,5
Facilidad de acceso a repuestos y accesorios	0,2
Coste de mantenimiento y reparaciones	0,3
Nivel de información que aporta la tecnología	0,4

6. ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS

Los dispositivos que se quiere instalar en campo deben cumplir los requisitos impuestos por el promotor, especificados en el Apartado 3 “Condicionantes del promotor”.

Una vez analizadas las tecnologías disponibles a día de hoy en lo que concierne a la agricultura de precisión, es evidente que existen diversas alternativas estratégicas, todas ellas encaminadas hacia la optimización de los rendimientos de las parcelas vitícolas de la cooperativa “Nuestra Señora de la Paz”.

A continuación se presentan las cuatro alternativas que se han considerado más relevantes:

- **Primera alternativa: Instalación de una red inalámbrica de sensores**

Consistirá en la instalación en campo de una red inalámbrica de sensores en las parcelas, con el fin de recabar datos de diversa índole.

Las valoraciones que recibe esta alternativa con respecto a los criterios establecidos aparecen descritas en la tabla 4.

Tabla 4. Valoraciones alternativa 1. Fuente: elaboración propia

Criterio	Valoración para la alternativa
Ayuda en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo	0,2
Precio	0,3
Facilidad de acceso a repuestos y accesorios	0,15
Coste de mantenimiento y reparaciones	0,15
Nivel de información que aporta la tecnología	0,2

- **Segunda alternativa: Estimación de parámetros de calidad de cultivo mediante sensores de cubierta portátiles**

En este caso se obtendría información de la cubierta vegetal mediante sensores de cubierta portátiles.

Para esta alternativa las valoraciones respecto a los criterios considerados son las que aparecen en la tabla 5.

Tabla 5. Valoraciones alternativa 2. Fuente: elaboración propia

Criterio	Valoración para la alternativa
Ayuda en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo	0,25
Precio	0,25
Facilidad de acceso a repuestos y accesorios	0,1
Coste de mantenimiento y reparaciones	0,05
Nivel de información que aporta la tecnología	0,35

- **Tercera alternativa: Realización de mapas de diversa índole mediante el empleo de UAVs**

Las valoraciones que recibe esta alternativa con respecto a los criterios establecidos aparecen descritas en la tabla 6.

Tabla 6. Valoraciones alternativa 3. Fuente: elaboración propia

Criterio	Valoración para la alternativa
Ayuda en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo	0,3
Precio	0,25
Facilidad de acceso a repuestos y accesorios	0,05
Coste de mantenimiento y reparaciones	0,05
Nivel de información que aporta la tecnología	0,35

- **Cuarta alternativa: Alternativa híbrida**

Se propone como última alternativa estratégica la combinación de todas las anteriormente presentadas, con diferentes intervalos temporales de uso. Esta solución híbrida contaría con los siguientes servicios:

- Una red de sensores inalámbrica en campo
- La posibilidad de contratar servicios adicionales, tales como:
 - Definición de zonas de manejo específico mediante el uso de UAVs
 - Caracterización de parámetros de calidad de cultivo mediante el uso de sensores de cubierta portátiles

Esta solución permitiría al usuario final un mejor aprovechamiento de las tecnologías, solapando así los inconvenientes de alguno de los elementos con las ventajas de otros.

Para esta alternativa las valoraciones respecto a los criterios considerados son las que aparecen en la tabla 7.

Tabla 7. Valoraciones alternativa 4. Fuente: elaboración propia

Criterio	Valoración para la alternativa
Ayuda en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo	0,35
Precio	0,2
Facilidad de acceso a repuestos y accesorios	0,05
Coste de mantenimiento y reparaciones	0,05
Nivel de información que aporta la tecnología	0,35

7. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS

La matriz multicriterio que se observa en la tabla 8 se puede considerar la conclusión a la información desarrollada a lo largo de este anejo.

Tabla 8. Matriz multicriterio. Fuente: elaboración propia

CRITERIOS	PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS			
		Red sensores	Sensores móviles	UAVs	Alternativa híbrida
Ayuda en la toma de decisiones	0,8	0,2	0,25	0,3	0,35
Precio	0,5	0,3	0,25	0,25	0,2
Facilidad acceso repuestos	0,2	0,15	0,1	0,05	0,05
Coste mto y reparaciones	0,3	0,15	0,05	0,05	0,05
Nivel de información	0,4	0,2	0,35	0,35	0,35
	TOTAL	0,465	0,5	0,53	0,545

El análisis multicriterio indica que la alternativa estratégica más aconsejable es la cuarta alternativa: la alternativa híbrida. Se cumplirán así en mayor medida las condiciones y objetivos propias de este proyecto.

Una vez establecida la alternativa estratégica a desarrollar en el proyecto se ha de elegir la tecnología más idónea para llevarla a cabo.

8. REFERENCIAS

- ADAMCHUCK, V.I., HUMMEL, J.W., MORGAN, M.T., UPADHYAYA, S.K. "On-the-go soil sensors for precision agriculture" (2004) Computers and electronics in agriculture, 44: 71-91.
- BAGUENA, E., BARREIRO, P., VALERO, C. "Sensores para la medida de rendimiento y calidad de la uva en vendimiadoras" (2009) V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico Agroingeniería 2009.
- BARREIRO, P. "Sensores para la caracterización del suelo agrícola usados en agricultura de precisión" (2007) Vida rural, 260: 38-42.

- BARREIRO, P., VALERO, C. "Drones en la agricultura" (2014) Tierras de Castilla y León: Agricultura, 220: 36-42.
- BEERI, O., PELED, A. "Geographical model for precise agriculture monitoring with real-time remote sensing" (2009) ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing, 64: 47-54.
- BERNI, J.A.J., ZARCO-TEJADA, P.J., SUÁREZ, L., FERERES, E. "Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle" (2009) IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, 47: 722-738.
- DAUGHTRY, C.S.T., WALTHALL, M.S., McMURTREY, J.E. "Estimating corn leaf chlorophyll content from leaf and canopy reflectance" (2000) Remote sensing environment, 74: 229-239.
- GAUSMAN, H.W. "Reflectance of leaf components" (1977) Remote sensing environment, 6: 1-9.
- GOENSE, D., THELEN, J. "Wireless sensor networks for precise phytophthora decision support" ASAE Annual Meeting (2005).
- GRIFFIN, T.W., LOWENBERG-DEBOER, J., LAMBERT, D.M., PEONE, J., PAYNE, T., DABERKOW, S.G. "Adoption, profitability and making better use of precision farming data" (2004) Staff paper, 4-6, Department of Agricultural Economics, Purdue University (USA).
- HAHN, F. "Actual pathogen detection: sensors and algorithms: a review" (2009) Algorithms, 2(1): 301-338.
- HALL, A.D.W., LAMB, B. "Optical remote sensing applications in viticulture: a review" (2002) Australian journal of grape and wine research, 8: 36-47.
- HARDIN, P., JACKSON, M. "An unmanned aerial vehicle for rangeland photography" (2005) Rangeland ecology & management, 58: 439-442.
- HARDIN, P., JACKSON, M.W., ANDERSON, V.J., JOHNSON, R. "Detecting squarrose knapweed (*Centaurea virgate* Lam. Ssp. *Squarrosa* Gugl.) using a remotely piloted vehicle: a Utah case study" (2007) GIScience & remote sensing, 44: 203-219.
- HUANG, G.T. "Casting the Wireless Sensor Net" (2003) MIT's magazine of Innovation, 51-56.
- HUNT, E.R., CAVIGELLI, M., DAUGHTRY, C.S.T., McMURTREY, J.E., WALTHALL, C.L. "Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status" (2005) Precision Agriculture, 6: 359-378.
- HUNT, E.R., HIVELEY, W.D., FUJIKAWA, S.J., LINDEN, D.S., DAUGHTRY, C.S.T., McCARTY, G.W. "Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring" (2010) Remote sensing, 2: 290-305.
- JOHNSON, L.D., ROCZEN, S., YOUKHANA, R. "Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery" (2003) Computers and electronics in agriculture, 38 (I): 37-48.
- LAMB, D.W., BROWN, R.B. "Remote-sensing and mapping of weeds in crops" (2001) Journal of Agricultural Engineering Research, 78: 117-125.
- LELONG, C.C.D., BURGER, P., JUBELIN, G., ROUX, B., LABBE, S., BARETT, F. "Assessment of unmanned aerial vehicles imagery for quantitative monitoring of wheat crop in small plots" (2008) Sensors, 8: 3557-3585.

- NEBIKER, S., ANNEN, A., SCHERRER, M., OESCH, D. "A light-weight multispectral sensor for micro UAV: opportunities for very high resolution airborne remote sensing" (2008) The International Archives of the Photogrammetry, Remote sensing and spatial information sciences, vol. XXXVII, parte B1: 1193-1200.
- PINAR, A., CURRAN, P.J. "Grass chlorophyll and the reflectance red edge" (1996) International journal of remote sensing, 17: 351-357.
- PRIMICERIO, K., GENNARO, S.F.D., FIORILLO, E., GENESIO, L., LUGATO, E., MATESE, A. "A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture" (2012) Precision agriculture, 13-4: 517-523.
- RUIZ-GARCÍA, L. "Development of monitoring applications for refrigerated perishable goods transportation", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid (2008).
- RUIZ-GARCÍA, L., LUNEDAI, L., BARREIRO, P., ROBLA, J.I. "A review of Wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends" (2009) Sensors, 9: 4728-4750.
- SEELAN, S.K., LAGUETTE, S., CASADY, G.M., SEIELSTAD, G.A. "Remote sensing applications for precision agriculture: a learning community approach" (2003) Remote sensing of environment, 88: 157-169.
- STAFFORD, J.V. "Implementing precision agriculture in the 21st century" (2000) Journal of Agricultural Engineering Research, 76: 267-275.
- SWAIN, K.C., JAYASURIYA, H.P.W., SALOKHE, V.M. "Suitability of low-altitude remote sensing images for estimating nitrogen treatment variations in rice cropping for precision agriculture adoption" (2007) Journal of applied remote sensing, 1: 013547.
- SWAIN, K.C., THOMSON, S.J., JAYASURIYA, H.P.W. "Adoption of an unmanned helicopter for low-altitude remote sensing to estimate yield and total biomass of a rice crop" (2010) Transactions of the ASABE, 53: 21-27.
- TURNER, D., LUCIEER, A., WATSON, C. "Development of an unmanned aerial vehicle (UAV) for hyper resolution vineyard mapping based on visible, multispectral and thermal imagery" (2011) International Symposium on Remote Sensing of Environment.
- WARREN, G., METTERNICH, G. "Agricultural application of high-resolution digital multispectral imagery: Evaluating within-field spatial variability of canola (*Brassica napus*) in Western Australia" (2005) Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 71: 595-602.
- WEEKLEY, J.G. "Multispectral imaging techniques for monitoring vegetative growth and health" (2007) Master thesis, Virginia Polytech Institute Stat University (USA).
- XIANG, H., TIAN, L. "Method for automatic georeferencing aerial remote sensing (RS) images from an unmanned aerial vehicle (UAV) platform" (2011) Biosystems engineering, 108: 104-113.
- ZHANG, C., KOVACS, J.M. "The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review" (2012) Precision agriculture, 13: 693-712.



“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

ANEJO III

PROCESO PRODUCTIVO

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	TIPO DE CULTIVO	2
2.1.	Descripción de las variedades	2
2.1.1.	Cencibel o Tempranillo	2
2.1.2.	Airén	3
2.2.	Descripción del portainjerto	3
3.	FASES DEL CICLO PRODUCTIVO DE LA VID.....	4
3.1.	Ciclo vital	4
3.2.	Ciclo anual.....	4
3.2.1.	Ciclo vegetativo.....	4
3.2.1.1.	Lloros	4
3.2.1.2.	Brotación o desborre	5
3.2.1.3.	Desarrollo y crecimiento de los pámpanos	5
3.2.1.4.	Agostamiento	6
3.2.2.	Ciclo reproductor.....	7
3.2.2.1.	Iniciación floral	7
3.2.2.2.	Floración, polinización y fecundación	7
3.2.2.3.	Desarrollo y maduración de las bayas.....	8
4.	ACTIVIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO	12
4.1.	Condiciones de la plantación.....	12
4.2.	Mantenimiento de la plantación	12
4.2.1.	Mantenimiento del suelo	12
4.2.1.1.	Cubierta temporal en calles	12
4.2.1.2.	Herbicidas en las líneas	13
4.2.1.2.1.	Flora arvense de la zona.....	14
4.2.1.2.2.	Tipos de herbicidas	14
4.2.1.2.2.1.	Momento de aplicación.....	14
4.2.1.2.2.2.	Vías de distribución	14
4.2.1.3.	Aporcado	15
4.2.1.4.	Abonado orgánico	15
4.2.2.	Enfermedades y plagas de la vid. Tratamientos fitosanitarios.	15
4.2.2.1.	Enfermedades criptogámicas.....	16

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 3. Proceso productivo

4.2.2.1.1. Oidio	16
4.2.2.1.2. Mildiu.....	18
4.2.2.1.3. Podredumbre gris	20
4.2.2.1.4. Excoriosis.....	22
4.2.2.1.5. Yesca.....	24
4.2.2.2. Enfermedades producidas por bacterias	25
4.2.2.2.1. Necrosis bacteriana	25
4.2.2.2.2. Enfermedad de Pierce	27
4.2.2.2.3. Podredumbre ácida del racimo.....	28
4.2.2.3. Enfermedades producidas por virus	29
4.2.2.3.1. Degeneración infecciosa	29
4.2.2.3.2. Enrollado.....	30
4.2.2.3.3. Jaspeado	31
4.2.2.3.4. Madera rizada	31
4.2.2.4. Enfermedades producidas por nematodos.....	31
4.2.2.5. Enfermedades producidas por ácaros	31
4.2.2.5.1. Acariosis	31
4.2.2.5.2. Araña amarilla común.....	32
4.2.2.5.3. Araña roja	32
4.2.2.6. Enfermedades producidas por insectos	33
4.2.2.6.1. Castañeta	33
4.2.2.6.2. Polilla del racimo	33
4.2.2.6.3. Piral.....	34
4.2.3. Accidentes climáticos	34
4.2.3.1. Altas temperaturas.....	34
4.2.3.2. Heladas	34
4.2.3.3. Granizo	35
4.2.3.4. Viento	35
4.2.4. Riego.....	35
4.2.4.1. Sistema de riego presente en la explotación.....	36
4.2.4.2. Calendario de riegos.....	37
4.2.5. Fertilización	37
4.2.5.1. Elección del sistema de fertilización.....	38
4.2.5.2. Factores que influyen en la fertilización del viñedo	39
4.2.5.2.1. Clima.....	39
4.2.5.2.2. Suelo	39

4.2.5.2.3. Movilidad de elementos minerales	39
4.2.5.2.4. Variedades de vinífera y portainjerto.....	40
4.2.5.2.5. Edad del viñedo	40
4.2.5.3. Nutrición mineral de la vid. Mantenimiento.	40
4.2.5.3.1. Macronutrientes	40
4.2.5.3.1.1. Nitrógeno	40
4.2.5.3.1.2. Fósforo	41
4.2.5.3.1.3. Potasio.....	41
4.2.5.3.2. Micronutrientes	42
4.2.5.3.2.1. Calcio	42
4.2.5.3.2.2. Magnesio.....	42
4.2.5.3.2.3. Hierro	42
4.2.5.3.2.4. Azufre	43
4.2.5.3.2.5. Boro	43
4.2.5.3.2.6. Manganeseo	43
4.2.5.3.2.7. Zinc	43
4.2.5.4. Diagnóstico foliar	43
4.2.5.4.1. Fecha de realización y modo	44
4.2.5.5. Fertilizantes usados en fertirrigación	44
4.2.5.5.1. Fertilizantes sólidos solubles	45
4.2.5.5.2. Fertilizantes líquidos o soluciones	47
4.2.5.5.3. Elección de los productos a emplear.....	48
4.2.5.6. Determinación de necesidades	48
4.2.5.7. Determinación de las necesidades mensuales	49
4.2.5.8. Plan de abonado	49
4.2.6. Poda	50
4.2.6.1. Descripción del sistema de conducción y poda.....	50
4.2.6.2. Altura del tronco.....	51
4.2.6.3. Determinación de la carga.....	51
4.2.6.4. Poda de producción	53
4.2.6.4.1. Prepoda	53
4.2.6.4.2. Poda de mantenimiento.....	53
4.2.6.4.3. Podas en verde	53
4.2.6.4.3.1. Despampanado.....	53
4.2.6.4.3.2. Despunte	54
4.2.6.4.3.3. Desniete	54

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 3. Proceso productivo

4.2.6.4.3.4. Deshojado	54
4.2.6.4.3.5. Aclareo	55
4.2.7. Vendimia	55
4.2.7.1. Índices de maduración para la uva	55
4.2.7.1.1. Índices o caracteres generales de maduración externos.....	55
4.2.7.1.2. Índices físicos de maduración	56
4.2.7.1.3. Índices químicos de maduración.....	56
4.2.7.1.4. Índices de maduración fisiológicos.....	57
4.2.7.2. Época de realización.....	58
4.2.7.3. Sistema de vendimia.....	58
4.2.7.3.1. Descripción de las máquinas vendimiadoras	59
4.2.7.3.2. Elementos de la vendimiadora	59
4.2.7.3.3. Requisitos que exige el uso de las vendimiadoras	62
4.2.7.3.4. Rendimiento.....	62
4.2.8. Comercialización	62
5. IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL CULTIVO A DETERMINAR	63
6. REFERENCIAS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento y velocidad del crecimiento del pámpano.	6
Figura 2. Evolución del peso de 100 bayas de cv Cabernet-Sauvignon desde cuajado hasta vendimia en secano (T1) y regadío (T2).	8
Figura 3. Estados fenológicos de la vid.	11
Figura 4. Doble Cordón Royat.	51
Figura 5. Evolución del peso de la baya, del contenido en azúcar y acidez durante la maduración.	57
Figura 6. Cabezal de cosechadora de una vendimiadora Braud-New Holland.	59
Figura 7. Sistema de recepción y transporte en vendimiadoras Pellenc.	60
Figura 8. Sistema de Noria.	61
Figura 9. Órganos de limpieza.	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consecuencias del déficit y exceso de humedad.	36
Tabla 2. Días de riego para cada mes.	37
Tabla 3. Compatibilidad en las mezclas de los fertilizantes más utilizados en fertirrigación.	45
Tabla 4. Fertilizantes sólidos solubles.	46
Tabla 5. Fertilizantes líquidos o soluciones.	47
Tabla 6. Necesidades de fertilización.	48
Tabla 7. Necesidades de elementos fertilizantes por ha y variedad (I).	48
Tabla 8. Necesidades de elementos fertilizantes por ha y variedad (II).	49
Tabla 9. Plan de Abonado para la vd. Cencibel.....	49
Tabla 10. Plan de Abonado para la vd. Airén.....	50
Tabla 11. Parámetros de calidad del cultivo a determinar.	63

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de este anejo se pretende analizar el proceso productivo de la explotación objeto de este proyecto. Para ello, se evaluará el tipo de cultivo, describiendo su ciclo productivo y las variedades que serán objeto de la transformación. También se desarrollarán las actividades propias del proceso productivo, como las condiciones de mantenimiento la plantación, la posible casuística de fitopatógenos y el programa de fertilización.

La información extraída de este anejo servirá para poder identificar posteriormente los parámetros de calidad del cultivo a determinar mediante la implantación de las tecnologías propuestas.

2. TIPO DE CULTIVO

La vid, *Vitis vinifera*, es un cultivo leñoso plurianual, cuya duración en campo se estima en torno a los 35 años, si bien no entra en producción hasta el tercer o cuarto año después de haber sido instaurada la plantación.

La Cooperativa Agrícola “Nuestra Señora de la Paz” produce vinos tanto blancos como tintos. Para ello, en las parcelas de los cooperativistas se cultivan vides de las variedades Tempranillo, para los vinos tintos, y Airén, para los vinos blancos.

Ambas variedades están injertadas sobre el patrón 110 Richter, de acuerdo a la información proporcionada por la Cooperativa.

2.1. Descripción de las variedades

2.1.1. Cencibel o Tempranillo

La variedad Tempranillo, conocida en la zona como Cencibel, es la principal de las uvas tintas acogidas a la Denominación de Origen La Mancha. De acuerdo a los datos aportados por el Consejo Regulador “D.O. La Mancha” para el año 2015, del total de 47.040 ha de viñedo dedicado a uvas tintas, 30.317 ha de viñedo contaban con esta variedad (un 64,5%).

Además de ser la más utilizada en la zona, su calidad le confiere gran prestigio a nivel nacional. Aunque su producción es moderada, la cosecha es de una altísima calidad y suele ser regular a lo largo de los años. Los racimos son de tamaño mediano a grande, con un peso medio de 270 gr/racimo. Son racimos compactos, largos y colgantes, de forma cilíndrica cónica alargada.

Con su cosecha se elabora y comercializa en la Cooperativa un vino tinto, bajo el nombre de “Matices”.

2.1.2. Airén

La variedad Airén, conocida en la zona también como Manchega, la variedad más común en la zona, además de estar recomendada como uva de vinificación en Castilla-La Mancha, de acuerdo a la Orden APA/1819/2007, de 13 de junio. De acuerdo a los datos aportados por el Consejo Regulador “D.O. La Mancha” para el año 2015, del total de 117.914 ha de viñedo dedicado a uvas blancas, 106.934 ha de viñedo contaban con esta variedad (un 90,7%).

Los racimos son grandes, sueltos y de color amarillo, con un peso medio de 400 gr/racimo.

Con su cosecha se elabora y comercializa en la Cooperativa un vino blanco, bajo el nombre de “Matices”.

2.2. Descripción del portainjerto

Se conoce como patrón o portainjerto a la planta sobre cuyo tronco se realiza el injerto. Este material vegetal adquirió gran importancia cuando en el siglo XIX Europa sufrió la invasión de la filoxera (*Phylloxera vastatrix*), insecto que obligó a cambiar la viticultura como se conocía hasta la época.

En España se suelen usar patrones originarios de América, donde la Filoxera es relativamente habitual, además de ser afines estos patrones con la *Vitis vinífera*, variedad cultivada en Europa y de origen también americano.

Los condicionantes que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar un patrón son los siguientes:

- Resistencia a la Filoxera
- Resistencia a la caliza
- Resistencia a la sequía y humedad
- Resistencia a la salinidad
- Resistencia al ataque de nematodos
- Afinidad del portainjerto con la variedad a injertar
- Vigor adecuado para la variedad seleccionada

El patrón 110 Richter es el patrón más utilizado en la zona en estudio y procede de la hibridación de *Vitis berlandieri* & *V. rupestris*. Es un portainjerto muy vigoroso y rústico, que soporta terrenos arcillosos. Resiste hasta un 17% de caliza activa, además de a la sequía y a la Filoxera, aunque su resistencia a la salinidad es baja. También es sensible a los nematodos y las estaquillas suelen tener dificultad para enraizar. Su afinidad con *V. vinífera* es buena. Es de ciclo largo y retrasa la maduración de la planta.

3. FASES DEL CICLO PRODUCTIVO DE LA VID

3.1. Ciclo vital

La vid sigue a lo largo de su vida ciclos interdependientes, que se ven afectados tanto por la acción del hombre como por la de otros elementos ajenos a la planta, tales como el clima, las plagas, etc.

Desde que se establece la plantación del viñedo, se distinguen cuatro etapas, diferenciadas tanto por sus niveles de producción como por el desarrollo de la vegetación.

Hasta los tres años la planta no inicia su producción. Este tiempo está dedicado al crecimiento y formación de las estructuras vegetativas que asegurarán, posteriormente, la producción continuada y más o menos estable del viñedo. Desde el tercer o cuarto año hasta el sexto la producción se va incrementando paulatinamente, hasta que se estabiliza en torno al año 20 de implantación. De ahí en adelante la producción va disminuyendo, hasta el momento del arranque de la plantación.

Durante la vida del viñedo, y como consecuencia del desarrollo vegetativo, las cepas se van envejeciendo progresivamente, lo que se puede observar, por ejemplo, en el gran tamaño relativo de sus troncos y en las diferencias de los diámetros entre el injerto y el portainjerto.

3.2. Ciclo anual

La vid sigue también un ciclo anual, constituido por un periodo de vida activa, en el que se desarrollan las estructuras vegetativas y reproductivas, y un periodo de reposo, que en nuestra latitud suele coincidir con el invierno.

Durante el periodo de actividad anual, se distingue entre el ciclo vegetativo y el ciclo reproductivo, que se desarrollan de forma simultánea en el tiempo.

3.2.1. Ciclo vegetativo

El ciclo vegetativo anual incluye el crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos de la planta: raíces, hojas, pámpanos y zarcillos, así como el agostamiento.

3.2.1.1. Lloros

Los lloros aparecen como la primera manifestación externa del ciclo vegetativo anual después del reposo invernal, y fluye por las heridas y cortes de poda.

Cuando comienza a subir la temperatura de la tierra y se superan los 10°C el sistema radicular se reactiva, debido a la activación de la respiración celular, la movilización de reservas de la planta y la recuperación de la absorción de agua y elementos minerales. El lloro se conduce por fenómenos de presión radicular, que provocan el movimiento ascendente de la savia. Al no haber demandas en la parte aérea, estas sustancias salen al exterior por las únicas salidas posibles, las heridas de poda.

Cuando las bacterias que están presentes en el lloro producen sustancias gomosas, recubren los cortes de la poda y obstruyen los vasos leñosos, los lloros cesan.

Este fenómeno depende básicamente del portainjerto, de la variedad de *Vitis vinifera* y de las condiciones de humedad y temperatura del suelo.

3.2.1.2. Brotación o desborre

Como consecuencia del inicio de la multiplicación celular aparecen los primeros brotes en las yemas distales. La actividad celular comienza antes del desborre, cuando las temperaturas rondan los 5°C, y se acelera a finales de marzo o principios de abril, con temperaturas medias de 10°C (cero vegetativo), cuando las yemas se empiezan a hinchar y se separan las escamas, apareciendo la borra. El cono de la yema da lugar al pámpano, las hojas, las inflorescencias, y los zarcillos primordiales a sus órganos correspondientes.

Se considera que la cepa ha desborrado cuando el 50% de las yemas ha alcanzado este estado, lo que ocurre en las condiciones medias en España en el mes de abril aproximadamente.

Es remarcable que no todas las yemas de una planta no brotan al mismo tiempo: el desborre comienza por la extremidad distal de los sarmientos, progresando hacia la base. También pueden desborrar algunas yemas de la madera vieja. Además, las cepas vigorosas desborran más tarde que las cepas débiles, y las cepas jóvenes lo hacen antes que las viejas.

Entre las causas que dan lugar a un desborre inadecuado destacan: plantas debilitadas por exceso de carga, heladas, temperaturas elevadas, mala distribución de las lluvias y agentes patogénicos. Las podas tardías también pueden afectar al desborre, retrasándolo, hecho que se utiliza en zonas con fenómenos de heladas primaverales para evitarlas.

3.2.1.3. Desarrollo y crecimiento de los pámpanos

Los pámpanos presentan dos tipos de crecimiento: en longitud y en espesor.

- Crecimiento en longitud. El crecimiento del pámpano se inicia con el desborre, y su parada la determinan las condiciones ambientales, especialmente la disponibilidad hídrica. En regiones con veranos secos el crecimiento cesa hacia mediados de junio, mientras que en zonas donde las plantaciones no sufran estrés hídrico dicho crecimiento puede mantenerse hasta finales de septiembre.
- Crecimiento en espesor. Es el resultado de la actividad que acontece en el cambium, que genera floema hacia el exterior y xilema hacia el interior, y el felógeno, que genera súber hacia el exterior y felodermis hacia el interior.

De acuerdo a Lissarrage (2008), el crecimiento no es lineal, sino que responde a una S clásica con tres etapas (Figura 1):

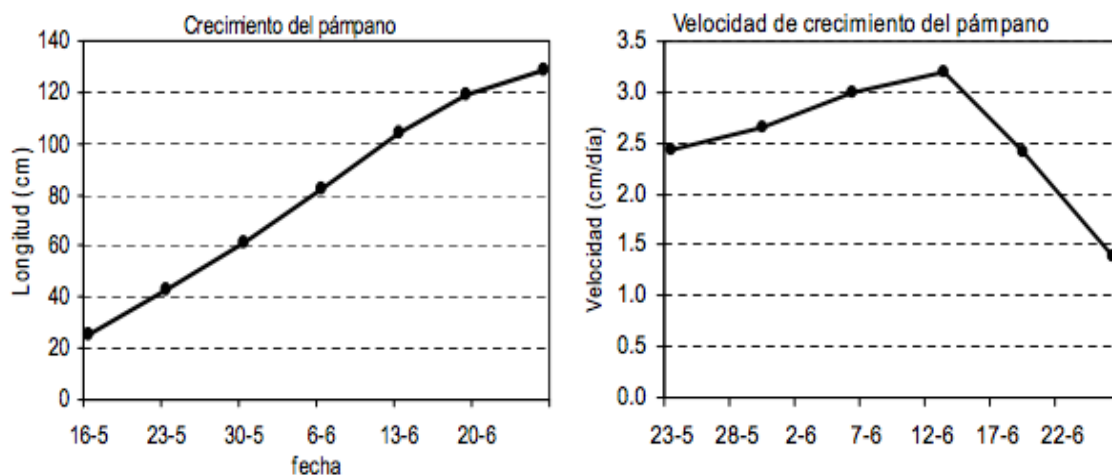


Figura 1. Crecimiento y velocidad del crecimiento del pámpano. Fuente: <http://ocw.upm.es/produccion-vegetal/viticultura/contenidos/tema2biologia.pdf>

- I. Periodo de aceleración lenta del crecimiento. Corresponde con la fase de desborre y brotación, y coincide con el inicio de la primavera, cuando aún se alternan días cálidos con días fríos.
- II. Periodo de crecimiento rápido, con una ligera ralentización durante la floración por la competencia con los racimos. Coincide con el periodo de temperaturas primaverales en ascenso.
- III. Periodo de crecimiento ralentizado, que acaba con la parada del crecimiento.

Las yemas que se encuentran más arriba brotan antes e inhiben el crecimiento de aquéllas situadas en un rango inferior. Esto se puede corregir mediante la técnica del despunte, que permite homogeneizar el crecimiento de la cubierta vegetal. La disponibilidad hídrica, la temperatura, el tipo de conducción y la carga son otros factores que afectan al crecimiento de los pámpanos.

3.2.1.4. Agostamiento

El agostamiento se refiere a la lignificación de los pámpanos (herbáceos) en sarmientos, y coincide con la parada vegetativa de verano, el envero y la maduración de las bayas. Comienza en el mes de agosto, y se extiende cuantitativamente hasta septiembre, pero dentro de la planta continúan los cambios cualitativos hasta la caída de las hojas.

El proceso del agostamiento se manifiesta mediante el cambio de color de los pámpanos, que pasar de tener el tono verde herbáceo al tono marrón propio del sarmiento. La explicación biológica reside en la actividad que se produce en el felógeno, que genera felodermis hacia el interior y súber hacia el exterior. El conjunto de estas tres capas se conoce como peridermis, y produce la separación de los elementos vasculares, que al aislarse adquieren un tono marrón y mueren.

El agostamiento no sólo hace que la planta pierda humedad y concentre los solutos, sino que también a nivel metabólico se favorece que los productos fotosintéticos se dirijan principalmente a los racimos, favoreciendo así su maduración.

El agostamiento garantiza por lo tanto la perennidad de las yemas y su resistencia, ya que pueden llegar a soportar temperaturas de -15°C . Además, la acumulación de sustancias de reserva garantiza el desarrollo de los pámpanos del año próximo durante sus primeras fases.

3.2.2. Ciclo reproductor

El ciclo reproductor de la vid está comprendido por tres procesos, que a continuación se detallan.

3.2.2.1. Iniciación floral

La iniciación floral comprende la inducción floral y la diferenciación floral, y el proceso en su totalidad abarca aproximadamente un año natural.

La iluminación que reciben las yemas, las temperaturas y el desarrollo vegetativo afectan a la iniciación floral. Las temperaturas que favorecen el desarrollo vegetativo ($25-28^{\circ}\text{C}$) y el desarrollo vegetativo en sí son contraproducentes para la iniciación floral, ya que favorecen la competencia con el desarrollo fructífero.

3.2.2.2. Floración, polinización y fecundación

La floración comienza con la apertura de la corola a partir de su inserción con el cáliz. Este proceso dura unos 10-15 días, y se ve favorecido por temperaturas de entre 20 y 25°C , lo que suele acontecer a mediados de junio. Se habla de plena floración cuando el 75% de las flores han liberado la caliptra y de final de floración cuando todas se han abierto.

Coincidiendo con la caída del capuchón se produce la apertura longitudinal de las anteras, liberando una nube de granos de polen sobre el estigma de la flor. La polinización de la vid es anemófila, generalmente de una flor a otra, al proyectarse los granos de polen por la antera, al ser sacudida por la caliptra.

Con la caída de gránulos de polen sobre la superficie rugosa del estigma, y su adherencia debido al líquido azucarado segregado por el estigma, los granos de polen germinan. Se emiten los tubos polínicos, que se alargan, y bajan por el cuello hasta la cavidad ovárica, llegando a los óvulos y produciéndose su fecundación.

Se denomina tasa de cuajado al número de bayas que quedan en los racimos en relación con el número de flores de las inflorescencias de las que provienen. Esta tasa de cuajado es un dato muy variable de un cultivar a otro, y es inversamente proporcional al tamaño del racimo.

Una alteración fisiológica a destacar en este punto, y de gran importancia, es el corrimiento de la vid. Este término se refiere al hecho de que las flores de la vid no se transformen en frutos, perdiéndose desde su iniciación o en su desarrollo, a causa de una floración o fecundación desfavorables. El corrimiento de la vid atiende a unas causas muy variadas: defectos de desarrollo de las flores, causas fisiológicas, causas ecológicas, causas patológicas, causas agrotécnicas,...

3.2.2.3. Desarrollo y maduración de las bayas

El desarrollo de las bayas se inicia tras la polinización y la fecundación, aproximadamente 2-3 semanas tras la floración de la vid. El desarrollo está basado en la división celular de las paredes del ovario y en la no formación de la capa de abscisión en la base del pedicelo.

De acuerdo a Lissarrage (2008), la evolución del tamaño de la baya presenta una doble curva sigmoidea, en la que se distinguen tres etapas, atendiendo a su aspecto exterior y a los cambios internos en su composición (Fig. 2)

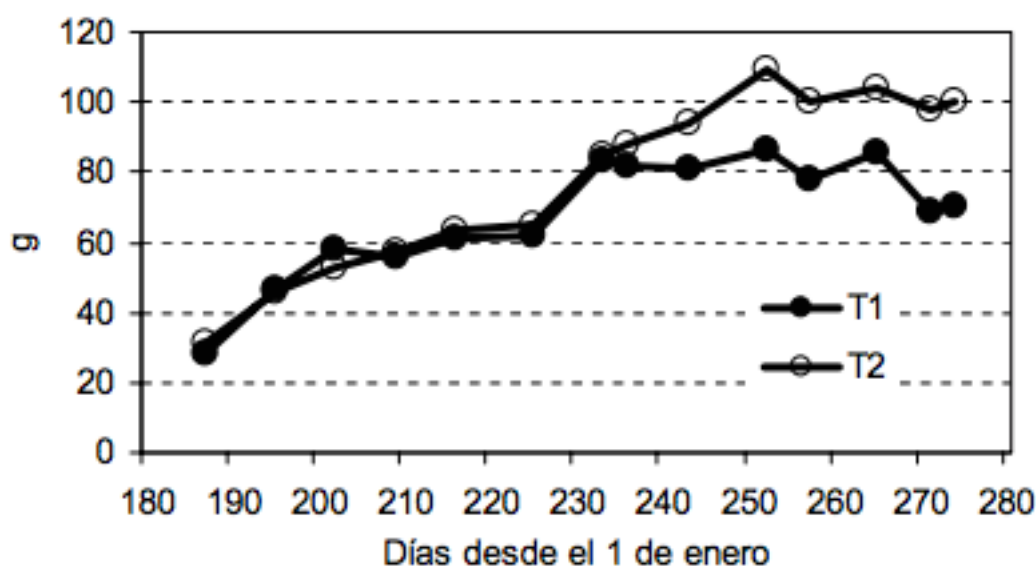


Figura 2. Evolución del peso de 100 bayas de cv Cabernet-Sauvignon desde cuajado hasta vendimia en secano (T1) y regadío (T2). Fuente: <http://ocw.upm.es/produccion-vegetal/viticultura/contenidos/tema2biologia.pdf>

- I. Fase I o fase de baya verde. Esta fase se inicia desde el cuajado hasta que se para el primer crecimiento de la baya, y se caracteriza por ser una fase de intensa actividad respiratoria. Su duración aproximada es de 40-60 días, y al final de esta fase las semillas habrán alcanzado su tamaño definitivo, mientras que las bayas habrán llegado al 40-60% del mismo y habrán adquirido su forma definitiva. Cabe destacar que una vez que esta etapa haya acabado, no se producirán más multiplicaciones celulares en la baya. Durante esta fase la baya acumula ácidos orgánicos (tartárico y málico, alcanzando su máximo contenido en el envero) y se comporta como un órgano clorofílico. Factores hormonales (auxinas y giberelinas) y climáticos y técnicas de cultivo influyen sobre esta fase.
- II. Fase II o de parada del crecimiento. Durante esta etapa se para el crecimiento del hollejo, se produce la maduración fisiológica de las semillas y se alcanza el máximo contenido de ácidos. Al final de esta fase se produce el envero, el cambio de color de la baya. A nivel de racimo esta etapa puede durar varios días, y a nivel de parcela entre 8 y 15 días. La baya sigue siendo un órgano verde, aunque su actividad fotosintética va disminuyendo.

- III. Fase III o de maduración. El envero marca el reinicio del crecimiento de la baya. Durante esta fase se produce el ablandamiento de la baya, la acumulación de azúcares, el incremento del potencial osmótico y el aumento de la actividad enzimática que degrada las paredes celulares. Esta fase dura entre 35 y 60 días, en función del cultivar, las condiciones ambientales y el objetivo de la cosecha.

La cantidad de luz que la vid absorba va a determinar el nivel de actividad fotosintética de sus hojas, así como la cantidad de azúcares almacenados en las bayas y en las partes perennes de la planta que servirán como reservorio durante las épocas más desfavorables. Generalmente la cantidad de luz recibida es directamente proporcional al contenido en azúcares. Estrategias relativas a la anchura de calle, el tipo de poda y al volumen de carga influyen por lo tanto de forma clara sobre la cubierta vegetal, y en último término sobre las características bioquímicas de las bayas.

Íntimamente relacionada con la iluminación se encuentra la temperatura, ya que generalmente las zonas menos iluminadas suelen tener menores temperaturas. El óptimo fotosintético se encuentra en el intervalo entre 22 y 28°C, por lo que en zonas frescas se produce una ralentización de los procesos que conducen a la maduración de las bayas. Este hecho justifica el uso de cultivares de ciclo corto (Pinot noir, Chardonnay, Sauvignon, etc.) en estas zonas, para lograr así el desarrollo completo de sus bayas.

La disponibilidad hídrica también es un factor determinante en el desarrollo de las bayas. El déficit de disponibilidad hídrica puede ocasionar paradas en el crecimiento y disminuciones en la apertura de los estomas. Por el contrario, un exceso de agua producirá un excesivo desarrollo vegetativo, que hará que las bayas se encuentren con mayor competencia por los productos fotosintéticos. También pueden aparecer zonas de sombra en las hojas de la zona de los racimos, así como un microclima húmedo, favorable para el desarrollo de enfermedades y desfavorable para la aplicación de tratamientos fitosanitarios.

Si bien se habla de masa vegetativa insuficiente o excesiva, se considera como valor de referencia que es necesario 1 m² de superficie foliar bien iluminada para garantizar la maduración de 1 kg de cosecha.

A lo largo de este anejo se harán referencia distintos estados fenológicos de la vid, por lo que a continuación se incluye una descripción de los mismos, tanto teórica como gráfica (Fig. 3):

- A. Yema de invierno. Yema del año anterior recubierta casi en su totalidad por dos escamas protectoras de tono pardo.
- B1. Lloro. La savia sigue un movimiento ascendente, y por fenómenos de presión radicular, fluye por las heridas y cortes de poda.
- B2. Yema hinchada. Las escamas se han separado y se puede distinguir la borra.
- C. Punta verde. La yema ha continuado hinchándose y alargándose, y aparece una punta verde formada por el brote joven
- D. Hojas incipientes. Aparecen hojas rudimentarias unidas en forma de roseta. En la base todavía se ve la borra.
- E. Hojas extendidas. Primeras hojas extendidas totalmente. Aparecen caracteres varietales, y el pámpano es visible.

- F. Racimos visibles. Aparecen racimos rudimentarios en la extremidad del brote, así como 4-6 hojas desplegadas.
- G. Racimos separados. Los racimos se espacian a lo largo del pámpano. Los órganos florales todavía están aglomerados.
- H. Botones florales separados. Los botones florales están netamente aislados, y aparece la forma típica de la inflorescencia.
- I1. Inicio de floración. Los capuchones se desprenden por la base y caen; los estambres y el pistilo son visibles.
- I2. Plena floración. Se alcanza este estado cuando el 75% de las flores han liberado la caliptra
- J. Cuajado. El ovario ha comenzado a engrosarse y los estambres marchitos permanecen con frecuencia fijados a su punto de inserción.
- K. Grano tamaño guisante
- L. Cerramiento del racimo
- M1. Inicio del envero
- M2. Pleno envero. Las bayas toman el color característico de la variedad
- N. Maduración. Época de vendimia
- O1. Inicio de caída de hojas
- O2. Plena caída de hojas

Estados fenológicos de la vid

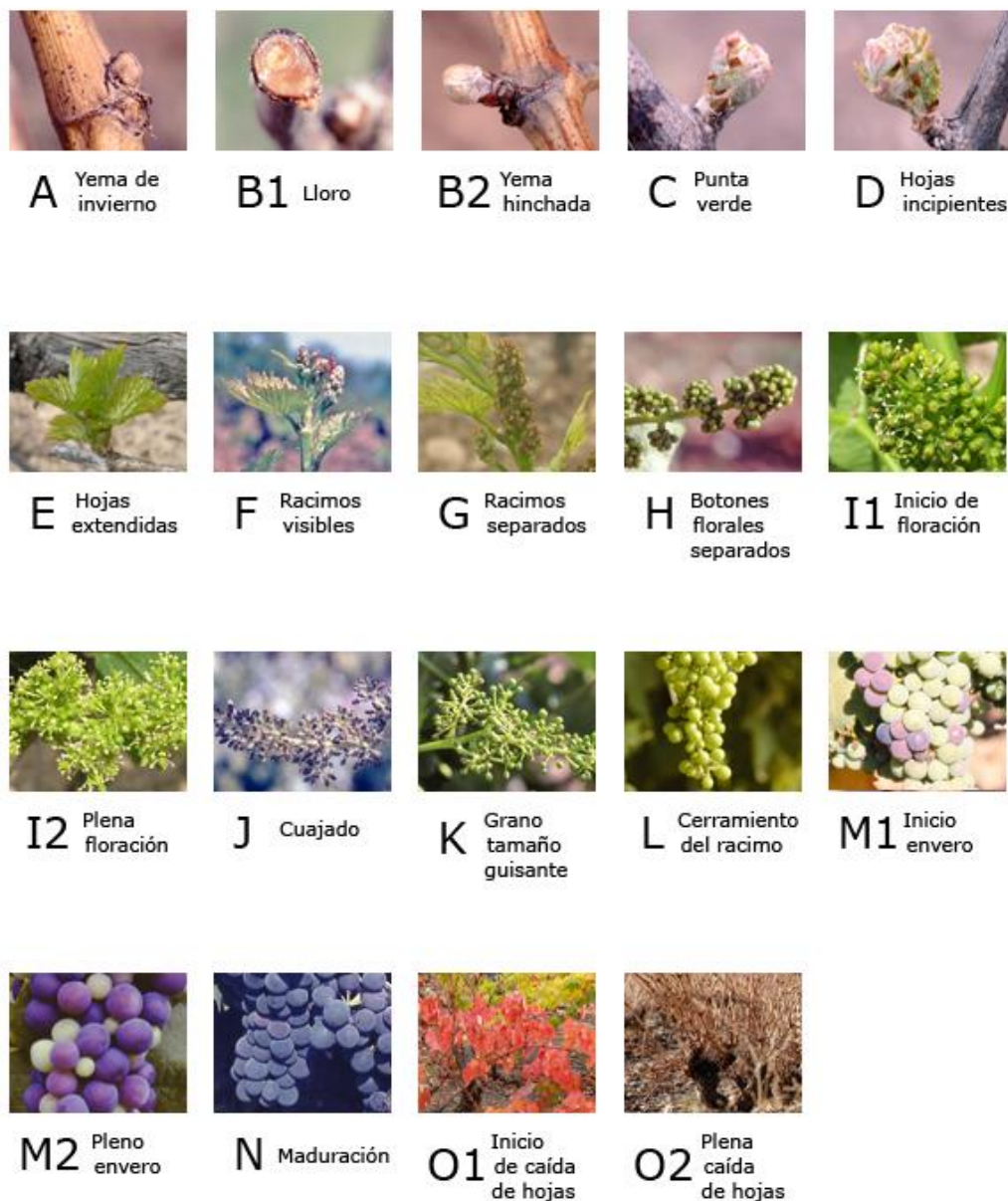


Figura 3. Estados fenológicos de la vid. Fuente:
<https://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=707895&IdDoc=707766>

4. ACTIVIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO

4.1. Condiciones de la plantación

Como ya se ha mencionado anteriormente, la Cooperativa Agrícola “Nuestra Señora de la Paz” cuenta con una línea de producción para vino tinto, extraído de vides de la variedad Tempranillo, y con otra línea para vino blanco, procedente de la variedad Airén. Ambas variedades están injertadas sobre el patrón 110 Richter, de acuerdo a la información proporcionada por la Cooperativa, y se encuentran dispuestas en espaldera.

Las plantaciones están divididas en calles, lo que permite realizar labores de mecanización de una forma mucho más cómoda y regular, así como obtener una alta y homogénea densidad de plantación. De acuerdo a la información aportada por la Cooperativa, el marco de plantación es rectangular, de 3,25 x 1,40 m, con una densidad de plantas de 2.200 plantas/ha, con las calles alineadas Norte-Sur. El tamaño medio de las plantaciones de los cooperativistas es de 2,1 ha.

Respecto al momento del ciclo vital de las plantaciones, las vides se encuentran actualmente en producción constante, en el año 17 de su vida productiva.

4.2. Mantenimiento de la plantación

4.2.1. Mantenimiento del suelo

Las técnicas de mantenimiento del suelo permiten mantener un medio favorable para el crecimiento y la correcta actividad de las raíces de la cepa, así como facilitar el manejo del cultivo y controlar la vegetación espontánea que pudiese competir con las vides por los recursos del medio, tales como los elementos minerales y el agua.

De acuerdo a la información proporcionada por la Cooperativa, en sus parcelas se sigue de forma habitual una técnica mixta de mantenimiento del suelo, con cubiertas temporales en las calles y herbicidas en las líneas.

4.2.1.1. Cubierta temporal en calles

La cubierta temporal en calles o abonado verde consiste en permitir el desarrollo de la vegetación natural o sembrada durante el periodo en que ésta es menos competitiva.

Tener una cubierta temporal en las calles permite obtener una masa de materia verde que se acabará incorporando al terreno al enterrarla, aumentando así la materia orgánica del suelo. Además, el efecto de mullido que crean las raíces contribuye a reducir la suela de labor, consecuencia de las sucesivas pasadas de la maquinaria agrícola por las calles.

La presencia de la cubierta verde también mejorará la infiltración, aumentándola. Por lo tanto, el suelo podrá así almacenar mayor cantidad de agua durante el periodo invernal que si se tratase de un suelo completamente desnudo.

En el caso de la Cooperativa, se ha optado por una cubierta temporal semillada. Para ello se escogieron especies con un crecimiento rápido (que pudieran producir el máximo de materia verde en 6-8 meses) y que pudiesen brotar en Otoño/Invierno.

La opción elegida por la mayoría de los cooperativistas es la de sembrar el combinado Veza (50 kg/ha) + Avena (200 kg/ha), generalmente a finales de verano, después de la vendimia para no estropear la cubierta ni entorpecer las labores de la recolección. A la labor de siembra le debe seguir un abonado nitrogenado de aproximadamente 30 kg/ha y otra dosis de igual cuantía a las 6-8 semanas posteriores a la siembra.

A finales de Marzo o principios de Abril se procederá a la destrucción de la cubierta, mediante medios químicos (herbicidas) o mecánicos (desbrozadora), y a su posterior incorporación al terreno mediante el pase de una grada de discos. El suelo se mantendrá desnudo hasta finales de verano o comienzos del otoño, cuando se vuelva a producir la siembra.

4.2.1.2. Herbicidas en las líneas

La aplicación de herbicidas en las líneas pretende reducir al mínimo la presencia de malas hierbas en las zonas más cercanas a las cepas. Se escogió esta técnica con el fin principal de eliminar los posibles daños en los cuellos de las plantas que pudiese generar el paso de una desbrozadora para eliminar las malas hierbas.

El empleo de herbicidas conserva la estructura del suelo y reduce la erosión en parcelas con pendiente moderada, aunque en el caso de las parcelas de la Cooperativa las pendientes son muy ligeras, no llegando a alcanzar en ningún caso el 1%.

Sobre la planta, la aplicación de herbicidas permite a las raíces colonizar la superficie de forma más rápida y efectiva, lo que hace que se aumente la disponibilidad de elementos minerales y agua, así como el vigor vegetativo, al poder aprovechar mejor el agua y los fertilizantes.

La aplicación de herbicidas se realiza después de las labores profundas de invierno y abonado, pudiéndose eliminar así las malas hierbas durante el periodo vegetativo de la vid, reduciéndose la competencia. Para ello se emplearán asociaciones herbicidas, fórmulas comerciales que combinan en un mismo tratamiento las formas de actuación de los herbicidas pre y postemergencia, como por ejemplo Diflufenican+Glifosato o Glifosato+Oxifluorfen.

A la hora de aplicar un herbicida se deben tener en cuenta, entre otros muchos, los siguientes aspectos:

- Las malas hierbas jóvenes son más fáciles de eliminar que las adultas
- Se debe evitar realizar tratamientos en días con mucho viento para evitar la deriva del herbicida hacia zonas no deseadas
- Es recomendable alternar o mezclar herbicidas de diferente eficacia, para evitar la aparición de resistencias y la eventual inversión de la flora
- Para evitar problemas de escorrentía superficial y aumentar la infiltración, en ciertas ocasiones es recomendable realizar una labor muy superficial (4-6 cm) con una grada de púas en primavera o verano para romper la costra superficial.

La aplicación de los herbicidas se hará mediante un pulverizador acoplado a un tractor. Se hará una primera pulverización después de haber eliminado la cubierta vegetal en las calles, en el mes de Abril. Posteriormente en el verano se harán dos tratamientos con herbicidas de contacto, aunque dependerá de las condiciones meteorológicas del año.

4.2.1.2.1. Flora arvense de la zona

Las malas hierbas más comunes en la zona pertenecen a las familias botánicas de las crucíferas (*Capsella bursapastoris*), gramíneas (*Hordeum murinum*, *Cynodon dactylon*), amarantáceas (*Amarantus spp*), compuestas (*Cirsium arvense*) y portuláceas (*Portulaca olearacea*).

4.2.1.2.2. Tipos de herbicidas

Los herbicidas se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios. Todos ellos deben cumplir con las características necesarias de un herbicida: eficacia, selectividad, no fitotoxicidad para el cultivo, cierta solubilidad y persistencia.

4.2.1.2.2.1. Momento de aplicación

Preemergencia

Los herbicidas preemergencia o de carácter residual son herbicidas de absorción radicular, que actúan impidiendo la germinación de las malas hierbas, por lo que tienen un carácter preventivo.

Para que sean efectivos deben encontrarse en aquella fracción del suelo en la que se encuentran las radículas de las plántulas, es decir, 50 mm.

Algunas de las materias activas que se encuentran dentro de este grupo son: Simazina, Oryzalina, Isoxaben y Diuron.

Generalmente se recomienda no aplicar este tipo de herbicidas en viñedos de menos de 4 años, ya que podría afectar a su sistema radicular, por no ser éste aún lo suficientemente profundo.

Postemergencia

Los herbicidas postemergencia se emplean una vez que la masa vegetativa de la flora agreste se haya instalado ya en la plantación. Son herbicidas foliares.

El aminotriazol es una de las materias activas más conocidas de este grupo. Absorbido por vía foliar, destruye las malas hierbas al bloquear la formación de clorofila. Es especialmente eficaz contra las plantas adventicias anuales y perennes, aunque al ser soluble puede presentar problemas de toxicidad en la vid en plantaciones con suelos muy permeables.

4.2.1.2.2.2. Vías de distribución

De contacto

Los herbicidas de contacto actúan a nivel foliar, y al ser muy poco móviles, sólo destruyen las partes que son directamente alcanzadas por el herbicida. Tienen una

acción temporal, y son más efectivos cuando las malas hierbas se encuentran en plena actividad.

Entre las materias activas de este grupo destacan Paraquat, para monocotiledóneas, y el glufosinato de amonio.

De traslocación

Los herbicidas de traslocación o sistémicos son más móviles que los de contacto, por lo que el punto de actuación suele estar distante del punto de contacto con el herbicida. El transporte del herbicida puede ser a través del apoplasto (en sentido ascendente por el xilema) o del simplasto (siguiendo la vía de los fotosintatos por el floema y los plasmodesmos).

Son más eficaces cuando el movimiento de la savia es descendente, hacia las raíces, fuente fundamental de absorción de elementos minerales y agua. Esto ocurre generalmente al final del verano y otoño.

Algunos ejemplos de materias activas son: Sulfosato, Glifosato, Aminotriazol y Tiocianato de amonio.

4.2.1.3. Aporcado

Como método de defensa contra las heladas invernales se amontona tierra mullida alrededor del cuello de la vid, formando un montículo, que debe deshacerse al llegar la primavera.

4.2.1.4. Abonado orgánico

Para mantener el nivel de materia orgánica del suelo a un nivel óptimo es aconsejable realizar, aparte de las aplicaciones anuales de fertilización anual, un programa de estercolado. Estas enmiendas orgánicas se aplicarán en un cuarto de la superficie de cada parcela cada cuatro años.

La época de realización coincidirá con el final de verano, justo después de la vendimia y antes de realizar la siembra de la cubierta vegetal en las calles.

La dosis media aplicada en la zona es de 15 t de estiércol/ha, por lo que para la parcela media de 1,4 ha se incorporará:

$$1,4 \text{ ha} / 4 = 0,35 \text{ ha} \cdot 15 \text{ t} = 5,25 \text{ t cada 4 años}$$

4.2.2. Enfermedades y plagas de la vid. Tratamientos fitosanitarios.

La vid se puede ver afectada durante su ciclo vital por numerosos accidentes provocados por hongos, bacterias, virus, nemátodos, ácaros e insectos. A continuación se recoge una relación de los agentes más comunes en la zona en estudio, así como recomendaciones relativas a los tratamientos fitosanitarios a aplicar.

El uso que se le dé a los tratamientos fitosanitarios debe ser racional, y las materias activas a emplear se deben seleccionar basándose siempre en criterios como la toxicidad, el impacto ambiental y la eficacia.

Es necesario recordar que los operarios que realicen las aplicaciones de tratamientos fitosanitarios deben estar en posesión del carnet de manipulador de productos fitosanitarios seguir las normas de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

De forma regular la Dirección General de Agricultura y Ganadería de la Consejería de Agricultura de Castilla-La Mancha publica Boletines Fitosanitarios de Avisos e Informaciones, en los que los viticultores pueden obtener información actualizada acerca de las plagas que afectan a la vid, así como sugerencias de uso de los productos fitosanitarios.

La Dirección General de Agricultura y Ganadería pone a disposición de los viticultores Agrupaciones de Sanidad Vegetal y la Estación Regional de Avisos Agrícolas de Castilla-La Mancha (Centro Agrario “El Chaparrillo”), para que puedan informar de la presencia de una enfermedad o plaga en su plantación.

4.2.2.1. Enfermedades criptogámicas

4.2.2.1.1. Oidio

El oidio es una enfermedad producida por el hongo *Uncinula necator*, que ataca a todos los órganos verdes de la vid. Este hongo es conocido como “Ceniza”, y está ampliamente extendido por España. En lugares con condiciones climáticas favorables para su desarrollo puede llegar a ocasionar la pérdida total de la cosecha, especialmente en aquellas zonas en las que las formaciones estén poco aireadas (en vaso) o haya variedades sensibles, como Cencibel, Cabernet Sauvignon, Garnacha, Merlot, Macabeo y Chardonnay.

Ciclo biológico

El hongo hiberna en forma de micelio en el interior de las yemas (ciclo asexual) o en forma de cleistotecas en los sarmientos, hojas y corteza de las cepas (ciclo sexual).

Cuando las temperaturas primaverales superan los 15°C, el micelio contenido en las yemas sale de su letargo y se desarrolla sobre la superficie de cualquier órgano de la vid, adhiriéndose gracias a los haustorios, mediante los que absorbe los nutrientes de las células de la vid. Esto da lugar a la aparición de células muertas, formando manchas pardas en la planta.

Cuando el hongo alcanza la madurez, el micelio se diferencia formando miles de conidios, en su fase asexual. Estos conidios son transportados por el viento, instalándose sobre cualquier órgano de la vid y constituyendo el polvo blanquecino que da el nombre a la enfermedad, para formar la contaminación primaria.

Si las condiciones ambientales son favorables, las conidias germinan emitiendo el tubo promicélico que dará lugar al micelio, continuándose la vida del hongo con un nuevo ciclo, y produciéndose así sucesivas contaminaciones durante el ciclo vegetativo de la planta.

Sintomatología

Suele estar presente desde la primavera al otoño, sobre las hojas, racimos, brotes y sarmientos. Los órganos atacados se recubren de un polvo gris, con aspecto de ceniza y olor a moho.

En las hojas el polvo ceniciento aparece tanto en el haz como en el envés. Se empiezan observando unos diminutos puntos pardos y manchas de aceite en el haz, que se podrían confundir con un ataque de mildiu, aunque no presentan la típica pelusilla blanca del envés típica de dicho hongo.

En los sarmientos aparecen manchas difusas de color verde oscuro, que poco a poco se van oscureciendo a medida que los brotes se van lignificando.

En los racimos, las bayas adquieren un tono plumizo, y recubriéndose a posteriori de un polvo blanco. Si el ataque es de relativa importancia, puede llegar a parar el crecimiento de la piel, haciendo que se agriete y que los granos se rajen. Esto favorece el posterior ataque del hongo *Botrytis cinerea* y la aparición de la podredumbre ácida, aparte de los evidentes daños directos sobre la calidad y cantidad de la cosecha.

Daños

Si las condiciones son favorables para el desarrollo del hongo se puede llegar a perder la totalidad de la cosecha. Además, los pámpanos que se ven infectados reducen su crecimiento y las cepas se van debilitando progresivamente, pudiendo llegar a ser destruidas en pocos años.

Factores externos que influyen en la enfermedad

Temperaturas que rondan los 15°C, junto a un ambiente húmedo, favorecen el desarrollo de la enfermedad, si bien el óptimo se alcanza entre los 25 y 28°C. Su crecimiento se detiene a 35°C y temperaturas superiores a 40°C resultan fatales para la supervivencia del hongo.

Métodos preventivos

Una conducción del viñedo que permita una buena circulación del aire e impida zonas de sombra excesiva, así como mantener una copa vegetativa abierta, que permita el movimiento del aire, la penetración de los fitosanitarios y el mantenimiento de una temperatura uniforme son buenos métodos preventivos para esta enfermedad.

Métodos de lucha

El único método contra el oidio es la lucha química con azufre mediante fungicidas de contacto, con carácter tanto preventivo (pulverización con azufre mojable) como curativo (azufre en polvo). El primero actúa sobre las conidias y el segundo pretende destruir el micelio salido de las yemas y que se estará desarrollando en los pámpanos jóvenes.

Número de tratamientos y época de realización

El número de tratamientos a efectuar durante un año dependerá fundamentalmente del riesgo de contaminaciones que se espere. Generalmente los momentos más adecuados son:

- 1) Cuando los racimos se hacen visibles (estado fenológico F), con brotes de entre 5 y 10 cm. Este tratamiento es muy importante realizarlo si el año anterior hubo problemas de oidio en la parcela.
- 2) Al comienzo de la floración (estado fenológico I). Se debe actuar de forma muy eficaz ya que las condiciones ambientales favorecen el desarrollo del hongo
- 3) Cuando los granos alcancen un tamaño de guisante (estado fenológico K/L)
- 4) Al principio del envero, con el 5-10% de los granos cambiando de color (estado fenológico M1).

Si fuese necesario se podrían realizar tratamientos adicionales, entre el primer y segundo tratamiento o entre el segundo y el tercero. También puede ser necesario realizar un tratamiento post-envero, para evitar los ataques sobre el pedúnculo, que podrían favorecer la penetración de la Podredumbre Gris.

4.2.2.1.2. Mildiu

El mildiu, producido por el hongo *Plasmopara viticola*, es una de las enfermedades mejor conocidas por los viticultores de todo el mundo debido a la magnitud de los daños que puede llegar a crear en las plantaciones. Ataca a los órganos verdes de la vid, y en España es endémica en las zonas húmedas.

En las regiones en las que no es endémica suele aparecer de forma recurrente los años en los que las condiciones son las propicias para su desarrollo. Suele ser en estas zonas en las que las pérdidas son mayores, ya que los viticultores no están preparados para combatirla.

Cuando el viticultor encuentre las primeras manchas producidas por el mildiu, debe ponerse en contacto con el Técnico de su Agrupación de Sanidad Vegetal más próximo o con la Estación Regional de Avisos Agrícolas de Castilla-La Mancha (Centro Agrario “El Chaparrillo”).

Ciclo biológico

Plasmopara viticola es un hongo oomiceto, que puede sobrevivir como oospora más de dos años. Cuando en la primavera se superan los 12°C y caen precipitaciones por encima de 10mm durante 1 o 2 días, las oosporas germinan emitiendo los esporangios, que contienen las zoosporas.

Las zoosporas penetran por los estomas e infectan a los órganos verdes, formando en el interior de la planta micelios con haustorios, que tienen la capacidad de absorber las sustancias nutritivas de las células vegetales.

Llegado este momento se observan los primeros signos de la infección, con la aparición de manchas aceitosas en el haz y fructificaciones blanquecinas en el envés que corresponden a los conidióforos y conidias (fase asexual). Cuando las conidias se

desprenden, son transportadas por el viento y el agua hasta llegar a una nueva hoja, donde germinan nuevas colonias de zoosporas, perpetuándose así el ciclo.

Cuando llega el otoño y la temperatura desciende, se forman sobre las hojas manchas en forma de mosaico, sobre las que se forman las oosporas, que resistirán las inclemencias invernales hasta que en la siguiente primavera puedan germinar y reiniciar así el ciclo del hongo.

Sintomatología

El mildiu suele aparecer en las partes verdes de la planta, típicamente en las hojas y en los tallos verdes, aunque también puede atacar a las flores y racimos.

En las hojas aparecen manchas de aceite en el haz y una pelusilla blanquecina en el envés, que degenerarán en manchas en forma de mosaico a medida que se desarrolle la vegetación. Si el ataque es fuerte las hojas pueden llegar a secarse o incluso a caerse de forma prematura.

En las flores suele atacar a las corolas o a los botones florales antes de su apertura.

En los racimos se observan curvaturas en S y necrosado del raquis. Si el tiempo es húmedo, también se recubrirán de una pelusilla blanca.

En los sarmientos no suelen presentarse daños al ser prácticamente inmunes a los ataques del mildiu por estar agostados.

Daños

Si las condiciones ambientales de temperatura y humedad favorecen el ciclo del mildiu, las manchas de aceite pueden degenerar en manchas rojizas, produciendo desecación en las hojas y su caída de forma prematura, perdiendo la cepa gran volumen fotosintético y afectando de forma excepcional a la planta.

En el caso de que el ataque se realice sobre el pedúnculo principal del racimo el daño producido será mucho mayor, ya que secará toda la inflorescencia al estrangular el Mildiu el pedúnculo, impidiendo así la circulación de la savia.

Factores externos que influyen en la enfermedad

Temperaturas primaverales por encima de los 12°C y precipitaciones mayores de 10mm son las condiciones idóneas para que se realice la contaminación primaria al germinar las oosporas.

Las contaminaciones sucesivas precisan la existencia de conidias y de un medio acuoso por el que ser transportadas. La temperatura óptima para el desarrollo de las conidias es 24°C, si bien al alcanzar los 30°C su poder germinativo se inhibe.

Métodos preventivos

Un manejo adecuado de la ventilación, con despuntes o podas en verde, evitar encharcamientos en el terreno y formas de conducción no demasiado bajas son métodos preventivos contra el mildiu. También se pueden señalar otras técnicas, como la

aplicación de fungicidas de carácter preventivo o el aclareo de hojas con síntomas de estar infectadas, para tratar así de reducir el inóculo.

Métodos de lucha

Los métodos de lucha contra el mildiu son básicamente químicos.

Existen diversos productos con diferentes características, que condicionan la estrategia a seguir. Los productos sistémicos, penetrantes y de fijación a las ceras cuticulares tienen acción de parada, por ejemplo si ha acontecido una tormenta y el viñedo estaba sin tratar. Entre las materias activas dentro de este grupo destacan las combinaciones Benalaxil+Mancozeb, Fosetil Al+Mancozeb y Valifenalato+Folpet. También existen productos sólo de contacto, como Metiram o Maneb.

Como fungicida de contacto con acción preventiva puede emplearse el Oxicloruro de cobre en forma de polvo mojable, que también puede ser efectivo en la lucha contra *Botrytis cinerea*.

Número de tratamientos y época de realización

Una vez que aparezca el primer foco o la Estación Regional de Avisos Agrícolas de Castilla-La Mancha lo aconseje, se debe realizar el primer tratamiento. En años lluviosos también se pueden realizar tratamientos preventivos con Metalaxil+Folpet antes de la floración, seguido de un tratamiento sistémico 14 días después, ya que el periodo floración-cuajado es el más sensible.

4.2.2.1.3. Podredumbre gris

La podredumbre gris es una enfermedad causada por el hongo saprófito *Botrytis cinerea* y para que la planta se infecte es necesario que haya heridas en la uva. Estas lesiones suelen ser consecuencia del ataque de plagas como la Polilla del racimo, o de accidentes como granizos o lluvias muy fuertes que puedan rajar el fruto.

La podredumbre gris es una enfermedad extendida por los viñedos españoles, aunque los daños más importantes se registran en las zonas más húmedas.

Ciclo biológico

Durante la estación invernal el hongo se conserva a través sus estructuras de resistencia, de los esclerocios, que pueden estar visibles en los sarmientos en manchas negruzcas alargadas, o de los micelios, en la grietas de la madera y en las yemas.

Con la llegada de la temperatura y de las condiciones favorables de humedad y temperatura acontece la germinación, formándose un micelio que se extiende por el interior de los órganos vegetales.

Sale al exterior tras haber parasitado el tejido, produciendo unas ramificaciones características, en las que en su parte superior se agrupan en racimos las conidiosporas, que se dispersarán al madurar y que van acompañadas de unos ganchos para poder adherirse a las células vegetales cuando inicien la colonización. Estas agrupaciones adquieren en unos días un tono grisáceo, con un aspecto veloso, lo que le da el nombre vulgar de “podredumbre gris”.

Al acabar el otoño, el hongo se vuelve a perpetuar en sus estructuras de resistencia hasta la primavera siguiente.

Sintomatología

La podredumbre gris afecta tanto a los órganos verdes como a los racimos.

En las hojas se observan necrosis extendidas por el borde del limbo, que se acaban recubriendo de un polvillo gris.

En las uvas que aún son pequeñas no suele causar muchos daños, pero éstos se van incrementando en magnitud a medida que se va incrementando el contenido en azúcar de la baya, llegando a interrumpir dicha acumulación.

Si el ataque se realiza de una forma directa sobre las uvas y los raspones que las sustentan, las esporas germinan en el interior, rompiendo la cutícula y favoreciendo la propagación del hongo.

Si el ataque penetra a través del pedúnculo, pueden llegar a darse situaciones de ataques combinados de podredumbre gris y Mildiu, con las graves consecuencias que ello acarrea.

En los racimos maduros, en los primeros estadios de la infección se observan manchas lilas, que van aumentando en número y tamaño, hasta llegar a cubrir toda la superficie. Las uvas comienzan a desecarse y a arrugarse, y los granos empiezan a cubrirse de un polvillo gris.

Daños

Aunque la podredumbre gris ataca a todos los órganos verdes de la planta es sobre los racimos donde los daños son más graves y acusados.

Esta enfermedad afecta a los granos del racimo entre el cuajado y la madurez, pero en la zona en estudio no se encuentra muy extendida. Cuando se presenta puede causar grandes daños, reduciendo la calidad y cantidad de la cosecha, y llegando a afectar a la brotación del año próximo.

Factores externos que influyen en la enfermedad

Temperaturas entre 15 y 20°C y una humedad por encima del 85% forman las condiciones idóneas para el desarrollo de *Botrytis cinerea*, si bien se trata de un hongo versátil, ya que puede llegar a germinar a 13°C, aunque de una manera más lenta.

Las conidiosporas también necesitan un medio acuoso para poder germinar, como puede ser el del mosto del racimo atacado.

Métodos preventivos

Existen diversos métodos que pueden prevenir, aunque no necesariamente evitar, un ataque de podredumbre gris:

- Evitar cultivar variedades que tiendan a producir racimos muy apretados
- No utilizar portainjertos excesivamente vigorosos

- Planificar las plantaciones con marcos lo suficientemente anchos y formas de poda que favorezcan la aireación del viñedo
- Deshojar la parte basal de los pámpanos después del envero para evitar el exceso de follaje y favorecer la ventilación de los racimos

Métodos de lucha

Para su lucha se emplean métodos químicos, con productos como Captan, Folpet y Catafol.

Número de tratamientos y época de realización

Se deberán efectuar dos tratamientos, uno cuando se cierre el racimo y otro durante el envero. Es recomendable efectuar una primera aplicación aunque no se observen los síntomas de la enfermedad.

4.2.2.1.4. Excoriosis

La excoriosis, enfermedad producida por el hongo *Phomopsis viticola* Sacc. está presente en la mayoría de los viñedos españoles, si bien suele ser más dañina en las zonas en las que el periodo de lluvias coincide con el inicio de la brotación.

Existen diferencias varietales en cuanto a la sensibilidad, si bien la Garnacha se considera como una de las más sensibles.

Ciclo biológico

El hongo pasa el invierno en los picnidios formados en la madera necrosada de los sarmientos y los micelios presentes en las yemas y en la madera de los sarmientos. Los picnidios se observan a simple vista como unos puntos negros, que en su interior contienen las esporas. Su maduración se inicia durante el invierno, para que antes de que se inicie el desborre de la vid, la mayor parte de ellos se encuentre ya maduros.

Al llegar la primavera, las esporas contenidas en los picnidios son liberadas, aglutinadas en una masa gelatinosa amarilla, denominada cirro. Las lluvias favorecen su dispersión, produciéndose la contaminación de los brotes jóvenes si las condiciones de humedad son óptimas.

Después del periodo de incubación, que dura entre una y tres semanas en función de la temperatura, se observan los primeros síntomas en los entrenudos de la base de los pámpanos. El micelio se desarrolla en la superficie de los brotes jóvenes, y al crecer éstos, también avanza el hongo.

Sintomatología

La excoriosis afecta a todos los órganos verdes de la vid, como a continuación se detalla.

Sobre los pámpanos y brotes jóvenes se observan necrosis al mes de haberse producido el desborre. Cuando la infección es severa, las manchas oscuras evolucionan, cubriendo la mayor parte de la superficie de los entrenudos basales. Al crecer los pámpanos, la necrosis provoca la aparición de fisuras abiertas, que posteriormente cicatrizarán, adquiriendo un aspecto áspero.

En los sarmientos aparece un blanqueamiento en la corteza, que puede llegar a afectar a todo el sarmiento, y sobre el que aparecen los picnidios. Si éstos son muy numerosos, pueden llegar a levantar la epidermis, lo que hace que circule el aire y que el sarmiento presente un brillo blanquecino.

En las hojas infectadas se observan manchas irregulares y pequeñas, de color verde claro con el centro oscuro. También pueden llegar a aparecer manchas necróticas en los nervios y en el peciolo.

Los síntomas observados en los racimos son similares a los ya comentados en las hojas, y se localizan principalmente sobre el pedúnculo y el raquis.

Daños

Los daños pueden ser considerables, ya que varias yemas se suelen ver invadidas por el micelio, provocando que a la primavera siguiente no broten. Además, los brotes, al estar estrangulados, se hacen frágiles, lo que puede provocar su rotura con condiciones de viento o por el propio peso de los racimos.

Los ataques a los racimos siempre son de considerable importancia, ya que provocan que el cuajado se desarrolle de forma errática e incluso se pueda producir su desecación.

Factores externos que influyen en la enfermedad

En aquellas zonas en las que esta enfermedad se considera endémica, periodos de lluvia continuos durante varios días al principio de la primavera elevan considerablemente el riesgo de aparición del hongo. Además, si las temperaturas rozan los 7°C y los pámpanos están creciendo de forma lenta y tienen una longitud de entre 3 y 10 cm, éstos son especialmente sensibles.

Por lo tanto, condiciones ambientales de temperaturas frías y periodos prolongados de lluvias hacen que se incremente la severidad de la enfermedad.

Métodos preventivos

Combinar podas de saneamiento con la aplicación de fungicidas, así como utilizar material de propagación libre de patógenos pueden ayudar a reducir la probabilidad de que la enfermedad se encuentre presente en la plantación.

Se pueden realizar tratamientos químicos sobre los brotes jóvenes, con el fin de protegerlos, ya que son muy sensibles de ser infectados. Se recomienda su aplicación inmediatamente después del desborre y antes de las lluvias primaverales, ya que impiden la germinación de las esporas. Algunas de estas materias activas son el folpet, el mancozeb y el metiram.

Métodos de lucha

Una vez se haya observado una planta enferma, se debe proceder a su arranque y a la posterior quema de sus restos.

Número de tratamientos y época de realización

Se recomienda realizar los tratamientos preventivos en dos momentos concretos, siempre que haya tiempo húmedo persistente, con Folpet, Mancozeb o Metiram:

- En el estado C-D (30% de las yemas en estado D - “Hojas incipientes”)
- En el estado D-E (40% de las yemas en estado E - “Hojas extendidas”)

En parcelas en que se haya presentado la enfermedad habrá que realizar estos tratamientos durante al menos 2 años para evitar posibles reinfestaciones a partir de pulgares afectados.

4.2.2.1.5. Yesca

La yesca o apoplejía parasitaria es una enfermedad fúngica causada por un grupo de hongos, entre los que destacan *Phellinus igniarius* y *Stereum hirsutum*. Atacan principalmente a la madera de las vides, después de haber penetrado por heridas en el tronco, y se observa de forma repentina en las plantas.

Si se presenta, lo suele hacer en verano y sobre plantas adulta, bajo dos formas según su evolución: lenta (la más frecuente) o rápida (también llamada apoplejía).

Ciclo biológico

Los agentes patógenos entran a través de heridas realizadas en el tronco con herramientas o por heridas de poda, colonizando los tejidos y formando sus micelios, llegando hasta el cilindro central del tronco o de los brazos de la planta e interrumpiendo por tanto la circulación de la savia.

El camino hacia el interior de la vid se ve favorecido por la oxidasa que estos hongos secretan, que actúa sobre los taninos y genera una zona con un tono amarillento que posteriormente evoluciona hacia negro. Esto provoca que se seque la extremidad correspondiente o el tronco si la enfermedad llega a él.

Sintomatología

Los síntomas se suelen apreciar después de la floración. Como ya se ha comentado, según la evolución de la enfermedad se distinguen dos formas: lenta o rápida.

En su forma lenta en verano se observan decoloraciones en las hojas así como manchas amarillas que progresan hacia las nervaduras, consecuencia de la interrupción de la circulación de la savia desde el brazo hasta las hojas. Pueden llegar a aparecer incluso necrosis marginales y desecaciones de las hojas. Una vid infectada en la forma lenta del hongo puede tardar varios años en morir.

En su forma rápida o de apoplejía se observa la desecación y muerte repentina de las plantas infectadas, especialmente durante episodios de altas temperaturas y lluvias estivales. Las hojas por lo tanto se rajan, produciéndose también el marchitamiento de los racimos.

Daños

En función de la gravedad de la infección, puede, desde provocar la pérdida del contenido en azúcar de los racimos hasta provocar la muerte de algún brazo, tronco o de la planta entera.

Factores externos que influyen en la enfermedad

La colonización del hongo se ve favorecida en las cepas viejas y en las heridas grandes de poda, ya que aumenta la superficie disponible para que las esporas penetren la madera.

La humedad típica de la primavera también favorece el desarrollo de los hongos.

Métodos preventivos

Como método preventivo se recomienda principalmente no realizar heridas de poda ni heridas en el tronco de gran envergadura, para reducir así la superficie susceptible de ser infectada.

Existe un producto fitosanitario de carácter preventivo, formado por tebuconazol + resinas sintéticas, que se puede aplicar directamente sobre las heridas o cortes de poda inmediatamente después de que se hayan producido.

Además, en el caso de que se encuentre alguna planta aislada con la enfermedad, se debe proceder a su inmediato arranque y a la quema de los restos.

Métodos de lucha

Actualmente no existen productos fitosanitarios curativos eficaces para combatir esta enfermedad, por lo que los métodos preventivos adquieren gran importancia.

Existe un método tradicional basado en abrir el tronco de las cepas atacadas e introducir una piedra en la hendidura. De esta forma, el agente entra en contacto con el aire, y al ser su metabolismo anaerobio, muere por el contacto con el oxígeno.

4.2.2.2. Enfermedades producidas por bacterias

4.2.2.2.1. Necrosis bacteriana

La necrosis bacteriana es una enfermedad producida por la bacteria *Xylophilus ampelinus*, considerada endémica en varias zonas vitícolas del Sur de Europa. Durante años esta enfermedad fue confundida, por la similitud en su sintomatología, con la excoriosis.

Ciclo biológico

Las bacterias entran principalmente a través de las heridas de poda, aunque también se pueden contaminar las yemas de forma externa como consecuencia del depósito de bacterias procedentes de los lloros. También se puede producir la infección por vía radicular, aunque de forma menos frecuente.

Una vez que el agente ha penetrado, llega a los órganos de la planta por vía vascular, aunque los brotes más próximos al foco de infección suelen ser los más afectados.

Resisten el invierno en la parte aérea de las cepas, especialmente en la base de los sarmientos afectados y en los restos de poda.

Sintomatología

Al circular el agente por la vía vascular, se ven afectados todos los órganos de la planta. Los síntomas varían en función del cultivar.

Las yemas afectadas desborran con dificultad, retrasándose de forma considerable el inicio de la vegetación. Además, el desarrollo de los brotes que han conseguido continuar su crecimiento suele ser raquítico y muchos acaban por marchitarse.

Los sarmientos suelen verse afectados en su base, donde se pueden observar unas manchas alargadas de color oscuro o negro violáceo, así como unas grietas por las que exuda un líquido aceitoso que contiene grandes cantidades de bacterias. Estas grietas pueden profundizar hacia la médula y convertirse en chancros.

En las hojas se puede apreciar, especialmente en aquéllas que están en la base de los sarmientos, pequeñas manchas angulares con tonos rojizos y un halo amarillo aceitoso, así como signos de necrosamiento en los peciolo.

En los racimos se pueden observar grietas y chancros en el pedúnculo y en el raquis. Las flores tienden a endurecerse y a adoptar una tonalidad rojiza.

Daños

Al retrasarse el inicio de la vegetación y al ser esta en muchas ocasiones raquítica, se pierde masa fotosintética, lo que acaba redundando en una pérdida de calidad y cantidad de cosecha. Además, al ser el corrimiento de las flores muy acentuado, las vides infectadas reducen considerablemente su producción, llegando ésta incluso a anularse.

Factores externos que influyen en la enfermedad

Los años con primaveras muy húmedas, temperaturas bajas y vientos frescos favorecen el desarrollo de la bacteria. También se pueden ver especialmente afectadas aquellas cepas que tengan un número de heridas considerable consecuencia de heladas primaverales o de pedrisco en la campaña anterior.

Métodos preventivos

Generalmente se recomienda el uso de material vegetal sano y resistente a esta enfermedad para nuevas plantaciones o reposiciones.

También existen recomendaciones relativas a las técnicas culturales, como realizar la poda en el periodo de máximo reposo vegetativo de las cepas, dejando para el final las enfermas. En las enfermas se deben eliminar todas las partes afectadas. Además se recomienda desinfectar las tijeras de poda entre cada dos cepas, y quemar todos los restos generados en la poda.

Métodos de lucha

Actualmente se emplean compuestos bacteriostáticos derivados del cobre que, si bien presentan cierta eficacia, lo único que logran es detener la propagación de la enfermedad en la plantación. El más conocido de ellos es el caldo Bordolés.

Además, por ser su sintomatología muy similar a la de otros agentes patogénicos, la lucha química suele ser generalmente poco efectiva.

Número de tratamientos y época de realización

El caldo Bordolés, al tener mayor adherencia y persistencia, es el fitosanitario más empleado. Se recomienda realizar tres aplicaciones:

- Inmediatamente después de la poda, con caldo Bordolés al 5%
- Durante el periodo comprendido entre los estados vegetativos de punta verde y hojas incipientes (estados fenológicos C/D), con caldo Bordolés al 2%
- Durante el periodo comprendido entre los estados vegetativos de hojas incipientes y extendidas (estados fenológicos D/E), con caldo Bordolés al 2%

4.2.2.2.2. Enfermedad de Pierce

La enfermedad de Pierce está causada por la bacteria *Xylella fastidiosa*, y sus daños son considerados como muy graves, llegando a convertirse en un factor limitante en las zonas vitícolas en las que adquiere gran relevancia. Al tener más de 100 plantas hospedadoras, sólo cepas específicas son capaces de infectar plantas de vid.

X. fastidiosa está considerada como un organismo de cuarentena en la U.E.

Ciclo biológico

X. fastidiosa es una bacteria Gram negativa que invade el xilema de la planta y que se suele transmitir a través de insectos vectores, principalmente cicadélidos y cercópodos. También se puede transmitir, especialmente en el periodo de máximo crecimiento de la planta, a través del contacto con plantas enfermas, al usar tijeras de podar infectadas en una planta sana.

Se multiplica en el interior de los vasos, llegando a obstruir la circulación de la savia bruta.

La enfermedad de Pierce suele transmitirse a través de insectos vector, especialmente del género *Carneiocephala*.

Sintomatología

Los síntomas suelen aparecer a finales del periodo estival, cuando las condiciones climáticas son cálidas y secas, o cuando las plantas presentan estrés hídrico.

Las hojas presentan decoloraciones y clorosis en los márgenes, que se acaban secando. Estos síntomas podrían confundirse con un periodo de estrés hídrico, pero las plantas que tienen la enfermedad de Pierce también presentan una característica banda amarilla o rojiza entre la zona que aún permanece verde y la zona que ya está seca.

Las plantas infectadas no suelen producir frutos, o los que producen son de baja calidad y se acaban marchitando antes de la vendimia.

Daños

La pérdida de masa vegetativa conlleva la reducción en calidad y cantidad de la cosecha y merma la vida productiva de la vid.

Factores que influyen en la enfermedad

X. fastidiosa suele pasar el invierno en zonas donde pueda quedar protegida frente a las bajas temperaturas, como en las raíces.

Métodos preventivos

Ya que a día de hoy no se conocen métodos de lucha química eficaces contra *X. fastidiosa*, las medidas preventivas son altamente necesarias e importantes. Entre ellas destacan limpiar el material de poda y no utilizar material vegetal procedente de zonas donde se haya producido una infección, para evitar así la propagación del agente patogénico.

Una vez que se haya detectado una planta enferma se debe arrancar, y sus restos deben ser quemados, así como los de la vegetación silvestre circundante que pudiese actuar como hospedadora. También se debe establecer un programa de vigilancia durante unos años para evitar el resurgimiento de la bacteria.

Métodos de lucha

Cuando se identifique una planta afectada por la enfermedad de Pierce deberá eliminarse y sus restos deberán ser quemados, para evitar la propagación.

Número de tratamientos y época de realización

Se deberá aplicar un tratamiento curativo en el viñedo una vez que se haya detectado una cepa enferma. Se aplicará un fitofortificante con acción bactericida que promueva su difusión por el parénquima.

4.2.2.2.3. Podredumbre ácida del racimo

La podredumbre ácida del racimo es una enfermedad producida por un complejo de microorganismos, entre los que se incluyen levaduras, bacterias y hongos filamentosos, aunque a día de hoy su origen todavía está discutido.

Se ha observado principalmente en zonas mediterráneas y en viñedos del interior de la Península, como en La Rioja. Dado que las plantaciones de vid tienden a intensificarse, obteniendo racimos más grandes y compactos, esta enfermedad es un problema que tiende a incrementarse.

Ciclo biológico

A día de hoy (Rodríguez, 2010) se cree que cada uno de los grupos de microorganismos desempeña una función específica en el avance de la enfermedad. Así, tras la penetración por microheridas, las levaduras se encargarían de degradar los azúcares de

las bayas. Posteriormente las bacterias oxidarían el alcohol, obteniéndose ácido acético, y los hongos actuarían como patógenos secundarios.

Sintomatología

Los síntomas de la enfermedad comienzan en el racimo, desde después del envero hasta el momento de la vendimia, y se observa tanto en bayas aisladas como en grupos.

Al oxidarse el hollejo de la uva, la pulpa tiende a ablandarse y a macerar, produciéndose el vaciamiento de la baya al perder el mosto. Los racimos infectados desprenden un fuerte olor avinagrado. Se encuentran asociadas larvas y adultos de la mosca del vinagre, *Drosophila melanogaster*, al haber ácido acético.

Daños

La podredumbre ácida del racimo provoca, en los casos de uva de mesa, que la producción no sea comercializable, y en el caso de uva para vinificación, mostos con elevada acidez volátil y vinos inestables.

Factores que influyen en la enfermedad

Las temperaturas y humedades altas favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Métodos preventivos

Evitar cepas excesivamente vigorosas y utilizar portainjertos de sistema radicular profundo, como R110 o 41B, pueden ayudar a prevenir la presencia de la enfermedad. También se pueden orientar las espalderas de forma que se favorezca la ventilación, así como realizar podas que persigan conseguir racimos de tamaño medio.

Métodos de lucha

Actualmente no existen productos fitosanitarios que combatan de forma eficaz a los agentes causantes de esta enfermedad de forma determinante. Sin embargo, ciertas combinaciones de imidas cíclicas (iprodione, vinclozina y procimidona) pueden ser usados como tratamientos preventivos, observándose ligeras disminuciones en la virulencia del ataque.

Cuando se encuentre una planta enferma se deben eliminar los racimos que se hayan visto afectados.

4.2.2.3. Enfermedades producidas por virus

Existe una gran variedad de enfermedades producidas por virus, pero a continuación se presentan las cuatro principales: degeneración infecciosa, enrollado, jaspeado y madera rizada.

4.2.2.3.1. Degeneración infecciosa

La degeneración infecciosa o virosis del entrenudo corto está causada por el agente vírico GFV.

Ciclo biológico

La transmisión del agente vírico lo realizan nemátodos del suelo del género *Xiphinema*, concretamente las especies *X. index* y *X. italiae*, que atacan al sistema radicular de la vid. También puede ser transmitido a través de injertos y portainjertos infectados.

Síntomas

Aquella planta infectada por el virus desarrollará sus caracteres morfológicos de forma anormal.

En las hojas aparecen anomalías de diversa índole, como un dentado muy acentuado, asimetría del limbo, nervación anormal, decoloración a nivel estomático y mosaicos amarillos que comienzan por los nervios. A veces también se observan desecaciones y enrollamientos.

En los sarmientos aparecen nudos dobles, entrenudos cortos, bifurcaciones y crecimientos en zig-zag.

Los racimos son más pequeños y aparecen en menor número. alguna de las bayas puede llegar a detener su crecimiento.

Daños

Las cepas afectadas ven reducida vida productiva, así como la cantidad de cosecha. La enfermedad también puede provocar un enraizamiento deficiente y una mala soldadura del injerto.

Factores que influyen en la enfermedad

Realizar replanteos en zonas que hayan estado infectadas puede favorecer la reaparición y posterior propagación de la enfermedad. También se debe tener en cuenta que en terrenos húmedos las técnicas culturales promueven la enfermedad.

Métodos preventivos

Dado el carácter expansivo de la enfermedad, cuando se detecte una planta enferma se debe arrancar, pero no se debe proceder al replanteo de otra sana, ya que se infectaría rápidamente, al encontrarse los agentes infecciosos en el suelo.

Disponer de material vegetativo sano y mantener las tijeras de poda limpias también se pueden considerar métodos preventivos eficaces.

Métodos de lucha

Ya que hasta el momento no hay métodos directos de lucha, es muy importante llevar a cabo métodos preventivos para intentar reducir la probabilidad de infección.

4.2.2.3.2. Enrollado

El enrollado es una enfermedad provocada por el agente vírico GLD. Su principal forma de transmisión es a través de multiplicación vegetativa.

En cuanto a la sintomatología, se observa principalmente en hojas y racimos. En las variedades tintas las hojas adquieren una tonalidad rojiza, y en las blancas solo se observa clorosis foliar, acompañada en ambos casos de enrollamiento del limbo. En los racimos de las variedades tintas las bayas pierden color.

La enfermedad causa un menor desarrollo de la planta, así como una disminución en la cantidad de cosecha.

4.2.2.3.3. Jaspeado

El jaspeado es una enfermedad provocada por el agente vírico GFD, y se transmite a través de material vegetativo.

Los síntomas se presentan únicamente a nivel foliar, con hojas con los nervios decolorados y algo de deformación en los limbos.

4.2.2.3.4. Madera rizada

La madera rizada es una patología que afecta a la madera de la vid y que está producida por el agente vírico GLGRD. Al igual que las dos anteriores, se transmite por multiplicación vegetativa, si bien no todos los cultivares presentan la misma sensibilidad.

Las hojas adquieren coloraciones rojizas, las yemas se abren de forma tardía y se observan acanaladuras en la madera y en las raíces. Una planta infectada con esta enfermedad puede llegar a morir en 7 años.

4.2.2.4. Enfermedades producidas por nematodos

Los órganos que se suelen ver afectados por enfermedades producidas por nemátodos suelen ser las raíces, llegando a provocar problemas serios en plantaciones en suelos franco-arenosos. Lo que hace relevante a este grupo es, sin embargo, su capacidad para transmitir virosis.

Se encuentran dos tipos principales de nemátodos:

- Tylenchidos, nematodos del género *Meloidogine*, causante de agallas. Producen daños directos, como amarilleamiento, marchitamiento y disminución de la cosecha.
- Dorylaimidos, nemátodos del género *Xiphinema*, vectores de transmisión de la degeneración infecciosa o enfermedad del entrenudo corto, como ya se ha comentado anteriormente.

Mantener el suelo en buen estado sanitario y elegir un patrón resistente a nemátodos pueden contribuir a prevenir enfermedades de este grupo de microorganismos.

4.2.2.5. Enfermedades producidas por ácaros

4.2.2.5.1. Acariosis

El agente productor de la plaga es *Calepitrimerus vitis* Nal..Las hembras adultas pasan el invierno formando colonias entre las escamas de las yemas o en las grietas de los pulgares y brazos. En primavera, coincidiendo con el desborre, comienzan su actividad

picando hojas jóvenes por el envés. Una vez han alcanzado su completo desarrollo, también depositan los huevos en el envés de las hojas. Durante el año se suceden 3-4 generaciones, en función de las condiciones ambientales.

La brotación se ralentiza y se produce de forma anormal, provocándose después un gran corrimiento. Posteriormente, las hojas presentan los nervios muy abultados y una multitud de puntitos blancos que se corresponden a las picaduras del ácaro. Los entrenudos también se ven acortados, y se produce un mal cuajado.

En los viñedos en los que se haya observado la presencia del ácaro el año anterior se recomienda realizar un tratamiento después de la brotación con azufre de espolvoreo y spiroticlofen.

4.2.2.5.2. Araña amarilla común

La araña amarilla común, *Tetranychus urticae* Koch, es un ácaro fitófago, perteneciente al grupo de los tetránquidos.

Las hembras pasan el invierno refugiadas en las cortezas de las cepas, en las hojarasca o en el envés de las hojas de las plantas ruderales, donde posteriormente se producirá la puesta. Cuando la vid ya ha brotado las hembras empiezan a colonizar las hojas de forma ascendente desde la base de los pámpanos. El número de generaciones varía entre 9 y 15. Las variedades con hojas muy pubescentes no son atacadas.

Al principio del ataque se observan zonas verdes amarillentas con punteaduras necróticas, respetando los nervios principales. A medida que avanza el ataque, las manchas se van extendiendo, tornándose pardas. También puede afectar a pámpanos y bayas.

Las condiciones favorables para su desarrollo son temperaturas de 30-32°C y humedad relativa muy baja, de entre 30-50%. Por lo tanto, la lluvia es desfavorable para el desarrollo de la araña amarilla común, ya que además destruye las sedas.

Se pueden realizar tratamientos con abamectina, clofentezin y hexitiazos.

4.2.2.5.3. Araña roja

La araña roja, *Panonuchus ulmi*, es un ácaro fitófago, perteneciente al grupo de los tetránquidos.

Pasa el invierno en forma de huevos, de color rojo vivo, localizados bajo la corteza y alrededor de las yemas. En el desborre empiezan a emerger, aunque el tiempo que tardan en pasar de larva a adulto varía de forma inversamente proporcional a la temperatura.

Las larvas y los adultos se alimentan del envés de las hojas, picando el limbo. Esto afecta al desarrollo vegetativo, y se observan entrenudos más cortos, así como hojas arrugadas y racimos con problemas de cuajado.

Si el ataque persiste, en verano la vegetación adquiere una tonalidad grisácea, al vaciar las picaduras el limbo foliar. Esto acaba desembocando en una reducción significativa de

la masa vegetativa y una caída prematura de las hojas, así como en un agostamiento deficiente y problemas de maduración.

La lucha química está basada en el empleo de ésteres fosfóricos y acaricidas específicos, como clorfenizo, fenizón y tetrasul.

4.2.2.6. Enfermedades producidas por insectos

4.2.2.6.1. Castañeta

La castañeta, *Vesperus xatari* Duf., es un coléoptero con marcado dimorfismo sexual en su estado adulto. El macho, más pequeño que la hembra, es el único que puede volar, por lo que son ellos los que buscan a las hembras para fecundarlas durante el otoño.

Los huevos los depositan en invierno bajo la corteza, tanto del tronco como de los brazos, en forma de plastones. Cuando salen las larvas al final del invierno caen al suelo, donde forman galerías y se alimentan de las raíces, y donde permanecen durante 2-3 años. Al final de su fase de larvas, profundizan hasta 30 cm para entrar en el estado de ninfas, en el que permanecen hasta el otoño.

El ataque suele presentarse en rodales, y se manifiesta en raquitismo y en la disminución de la producción de las cepas, como consecuencia de la destrucción del sistema radicular por parte de las larvas.

Las materias activas autorizadas en Castilla-La Mancha son los clorpirifos y los metil clorpirifos. En parcelas donde se haya observado la plaga en años anteriores conviene realizar el tratamiento de forma preventiva. Se recomienda mojar de forma abundante el tronco, los brazos y el suelo alrededor del tronco para evitar que las larvas penetren en las raíces.

4.2.2.6.2. Polilla del racimo

La polilla del racimo, *Lobesia botrana* Den. Y Shiff, es un insecto perteneciente a la familia de los Tortricidos. Los adultos presentan dimorfismo sexual, ya que la hembra es de mayor tamaño que el macho.

Pasan el invierno como crisálidas en la corteza de las cepas, en las hojas caídas, en los tutores,... Los primeros en aparecer son los machos, si bien al final del periodo de vuelo predominan las hembras. Después de la floración, la hembra pone los huevos aislados sobre los botones florales. De ellos se alimentan las orugas que salen a los 7-8 días. Al final del periodo larvario las orugas tejen un capullo en las bayas, del que saldrán a los 5-10 días los nuevos adultos.

La formación de sedas produce la destrucción de los botones florales y la pudrición de algunas bayas, al penetrar las larvas en los granos y alimentarse de ellos. Además, las heridas producidas favorecen el ataque de la podredumbre del racimo o de botrytis, especialmente si las condiciones ambientales son húmedas.

Existen tratamientos para diferentes momentos dentro del ciclo de la polilla. Por ejemplo, para el momento de la eclosión de los huevos se recomiendan aplicaciones de clorpirifos y metil clorpirifos.

4.2.2.6.3. Piral

La enfermedad producida por *Sparganothis pilleriana* se registró en España en el siglo XVI, y desde entonces ha llegado a afectar a aproximadamente 400.000 Ha. También se le conoce como “Peletero”, “Sapo” y “Gusano de la viña”.

Las larvas emergen en el inicio del verano, buscando refugio bajo la corteza de la cepa, donde confeccionan el capullo. Dicho capullo permanece en diapausa hasta el final del invierno siguiente. Al llegar la primavera, las larvas se dirigen a las yemas que han brotado, donde inician su desarrollo, hasta llegar a adultos. Tras una incubación de 7 días, salen las nuevas orugas que perpetúan el ciclo hasta el año siguiente bajo la corteza.

Los síntomas más visibles se observan en las hojas viejas, que aparecen agujereadas y con aspecto de estar pegadas con sedas. El envés adopta una tonalidad plateada.

Los daños más importantes, aun así, son los que origina en las hojas jóvenes. Si el ataque es muy severo, los racimos también pueden verse afectados.

Para combatir al insecto se suelen utilizar productos como lufenuron y fenitrothion. Además, en aquellos viñedos donde se presentara la plaga el año anterior, se debe realizar un tratamiento a los 20-25 días del estado fenológico D con clorpirifos, emamectina o tebufenocida.

4.2.3. Accidentes climáticos

4.2.3.1. Altas temperaturas

La vid es una planta muy resistente frente a las altas temperaturas, debido a su constitución y al hecho de estar conducida, lo que favorece su resistencia.

Las temperaturas de 38-40°C son bien soportadas, aunque pueden acontecer accidentes como golpes de sol o asurado, debidos en parte al fuerte desequilibrio entre la absorción de agua por las raíces y la elevada transpiración de los órganos aéreos. Cuando las temperaturas alcanzan los 42°C se observan desecaciones y empardecimientos en las hojas y en los racimos, y con temperaturas superiores a los 55°C la planta muere.

El efecto de las altas temperaturas se puede paliar con formas de conducción y podas cortas, en vaso o a la manchega, que favorece la creación de una masa de vegetación compacta que retiene la humedad en el microclima de la vid. En viñedos en regadío se recomienda reponer el agua transpirada por la planta y evaporada por el suelo.

4.2.3.2. Heladas

El efecto de las heladas sobre la vid depende del estado vegetativo en que se encuentre. Existen heladas de otoño, de invierno y de primavera.

- Las heladas de otoño pueden conducir a la caída prematura de las hojas, lo que produce el debilitamiento de la vid.
- Las heladas de invierno son heladas por convección y afectan entre la caída de las hojas y el desborre. Al coincidir esta época con el periodo de parada vegetativa, la planta resiste bien a las heladas de invierno si no son excesivas.

Las yemas se ven afectadas con temperatura de -10°C , toman una tonalidad oscura y no brotan por la destrucción del meristemo. Los sarmientos, brazos y troncos se ven afectados desde los -15°C , tomando un color marrón grisáceo.

- Las heladas de primavera son heladas por irradiación, afectan durante y después del desborre, y son las más frecuentes, ya que la planta se ve afectada desde los $-0,5^{\circ}\text{C}$. Las yemas se ennegrecen y los brotes jóvenes se marchitan, llegando a producirse la pérdida total o parcial de la cosecha en las plantas adultas. Se pueden intentar evitar realizando podas tardías y elevando la altura del tronco.

Realizar podas tardías es un método indirecto muy efectivo para la lucha contra las heladas, ya que se retrasa el momento de la brotación hasta que se haya reducido el riesgo de heladas primaverales.

4.2.3.3. Granizo

Los daños producidos por granizo son graves, tanto a nivel de cosecha como para la longevidad de la planta:

- Las hojas destrozadas reducen la superficie foliar, lo que afecta a la maduración y al agostamiento
- Los daños producidos sobre los sarmientos del año y las maderas de dos y tres años limitan la elección del material de poda
- Las heridas y desgarres producidos en los racimos pueden llegar a afectar a la totalidad de la cosecha del año, y también pueden afectar a la de los años siguientes, si las yemas quedan dañadas.

Después de un episodio de granizo se deben aplicar tratamientos de cicatrización con un fungicida cúprico o curativo de tipo carbendazima, para evitar enfermedades del follaje y de los racimos.

En la zona en estudio la incidencia de episodios de granizo no es relevante.

4.2.3.4. Viento

Vientos fuertes suelen provocar el desgajado de los pámpanos y desgarraduras en el limbo de las hojas. Si los vientos se combinan con altas temperaturas se produce un fuerte desequilibrio entre la absorción radicular y la transpiración foliar.

El efecto negativo de los vientos se puede paliar escogiendo formas de conducción que reduzcan la exposición al viento y orientando las filas en el sentido del viento dominante.

4.2.4. Riego

La vid es una planta que, en comparación con otras plantas leñosas, tiene unas necesidades hídricas relativamente bajas, además de tener un potente sistema radicular. Aun así, el riego puede llegar a ser un gran promotor de su desarrollo y rendimiento en condiciones hídricas deficitarias.

El agua limita y condiciona procesos tan vitales para la planta como la absorción, circulación, transpiración y fotosíntesis.

No obstante, la vid no mantiene a lo largo de su ciclo vegetativo unas necesidades hídricas uniformes, sino que se puede resumir de la siguiente forma:

- Periodo invernal: 2%
- Brotación-cuajado: 10%
- Cuajado-envero: 43%
- Envero-caída de la hoja: 45%

Se recomienda aplicar riegos especialmente en dos épocas:

- Desde poco antes de la brotación hasta el inicio de la floración, al ser el riego promotor del potencial vegetativo y del crecimiento: la mayor cantidad disponible de agua favorece la actividad fotosintética, produciendo mayor cantidad de materia seca, aumentando el porcentaje de racimos. Además, el riego produce un aumento global en la nutrición mineral y favorece el desarrollo radicular y la iniciación floral.
- Desde el cuajado hasta el envero, o hasta dos semanas antes de la vendimia, periodos en los que se determina la calidad de la cosecha. Durante esta fase del desarrollo se forman los conocidos como elementos de bondad, que acaban por determinar la calidad del mosto a comercializar. En zonas cálidas se puede utilizar el riego con el objetivo de reducir la graduación alcohólica de los mostos producidos. Para asegurar máxima cosecha y azúcares por hectárea es necesario mantener en el suelo contenidos de agua adecuados durante la maduración.

Aun así, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (Tabla 1):

Tabla 1. Consecuencias del déficit y exceso de humedad. Fuente: Tratado de Viticultura General (2002), Hidalgo L.

Desborre o floración	
Déficit de humedad	Exceso de humedad
Desborre irregular, pámpanos cortos y pocas flores	Falta de oxígeno, encharcamiento, brotes cortos, amarilleo de las hojas
Floración o envero	
Déficit de humedad	Exceso de humedad
Disminución del cuajado y bayas pequeñas	Exceso de vigor: deficiencias en el cuajado de los frutos, provocando su corrimiento
Envero o vendimia	
Déficit de humedad	Exceso de humedad
Caída de las hojas, adelanto del agostamiento de los tallos y reducción del rendimiento	Aumento del tamaño de los granos, pero estos son acuosos, pobres en azúcares y ricos en ácidos

4.2.4.1. Sistema de riego presente en la explotación

La explotación cuenta con un sistema de riego por goteo, con emisores localizados a los pies de las cepas. Esto permite que las plantas tengan el agua a su disposición a bajo caudal y de forma frecuente y que se forme un bulbo húmedo en la zona en la que se localiza en el emisor, zona en la que la humedad permanece casi constante.

También se debe tener en cuenta, como ya se comentó en el Anejo 1, que la explotación se encuentra en el área de extracciones del acuífero 23, por lo que el ahorro del agua es también uno de los elementos motivadores para la elección de este sistema de riego.

El sistema de riego está integrado por: estación de tratamiento de agua, grupo de bombeo, estación de filtrado, equipo de fertirrigación y red de distribución (tubería principal, tubería porta-ramal, tubería porta-goteros y emisores). En el sistema se pueden encontrar también elementos reguladores, como válvulas, automatismos y ventosas, así como elementos de medida de presión.

Cada una de las sub-zonas dentro de la explotación con variedades Airén y Tempranillo están divididas a su vez en 6 sectores de riego cada una, que se riegan de forma no simultánea.

4.2.4.2. Calendario de riegos

De acuerdo a la información proporcionada por la Confederación Hidrográfica del Guadiana sobre el Régimen de Explotación para el año 2015 del Acuífero de la Mancha Occidental, la dotación para la vid es de 1.500 m³/ha, con un periodo de riego que abarca desde el 15 de abril hasta el 30 de agosto.

Según los datos aportados por la Cooperativa, de forma general se sigue el siguiente calendario de riegos (Tabla 2):

Tabla 2. Días de riego para cada mes. Fuente: elaboración propia.

MAYO		
Sectores A y B	Sectores C y D	Sectores E y F
13, 16, 19, 22, 25, 28 y 31	14, 17, 20, 23, 26, 29	15, 18, 21, 24, 27, 30
JUNIO		
Sectores A y B	Sectores C y D	Sectores E y F
3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29
JULIO		
Sectores A y B	Sectores C y D	Sectores E y F
3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29
AGOSTO		
Sectores A y B	Sectores C y D	Sectores E y F
2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31

4.2.5. Fertilización

La fertilización de la vid, igual que la de cualquier otro cultivo, responde a diversos objetivos agronómicos, todos ellos encaminados hacia la respuesta óptima de la planta ante las condiciones del medio.

En primer lugar, se pretenden satisfacer las necesidades en elementos minerales que la vid necesita para su nutrición, tanto para la parte aérea como para la subterránea.

Problemas de deficiencia o exceso en algún elemento mineral puede tener efectos fisiológicos que repercutan sobre la producción de la planta.

Además, se pretende mantener y/o restablecer los potenciales agronómicos de los suelos. El suelo vitícola se ve degradado como consecuencia de la permanencia de la vid en el terreno, con el consecuente efecto acumulativo que provocan las extracciones minerales año tras año. Esta degradación también conduce a una disminución en el contenido en materia orgánica del suelo, que se debe ir corrigiendo con aportaciones de forma periódica. Consecuencia de la acidificación del suelo también pueden aparecer toxicidades por cobre, aluminio o manganeso.

4.2.5.1. Elección del sistema de fertilización

Para realizar un buen programa de fertilización es esencial analizar los factores que influyen en la fertilización, así como las producciones esperadas y el tipo de sistema de riego implantado en la parcela a fertilizar. Aprovechando que en las parcelas de la Cooperativa el sistema instalado es el riego localizado, es conveniente adoptar la fertirrigación como método de fertilización. Esto permite que, ya que los goteros van a empapar sólo una parte de terreno, la planta únicamente reciba los nutrientes minerales en la fracción de tierra explorada por las raíces.

La fertirrigación tiene como principales ventajas:

- Gran asimilación de los nutrientes, ya que se localizan en la zona húmeda de máximo desarrollo y absorción radicular
- Al evitar los pases de maquinaria para realizar tratamientos de fertilización tradicionales se reduce la compactación del suelo
- Correcta dosificación de los elementos nutritivos, al poder adaptarse a las necesidades específicas del cultivo a lo largo del periodo vegetativo
- Mayor capacidad de reacción ante necesidades puntuales que el cultivo pudiera presentar durante su desarrollo

La fertirrigación también presenta algunos inconvenientes:

- Mayor coste de la inversión inicial
- Necesidad de una formación básica para el manejo de equipos y fertilizantes
- Necesidad de un sistema de riego con buena uniformidad para garantizar la distribución en el suelo
- Se debe tener cuidado a la hora de escoger los abonos a emplear, siempre teniendo en cuenta las posibles incompatibilidades

Ya que al lavarse el suelo en la zona de riego se producen pérdidas de nutrientes y descensos en los niveles de fertilidad del suelo, se deben aplicar las sustancias nutritivas de forma que la cantidad a aplicar sea la suma de las necesidades totales del cultivo y de la cantidad de nutrientes eliminada por las pérdidas de lavado.

También se debe tener en cuenta que, si bien con la fertirrigación se puede considerar el uso de aguas más salinas que un riego por goteo estándar, se pueden producir acumulaciones de sales en la periferia del bulbo mojado.

4.2.5.2. Factores que influyen en la fertilización del viñedo

La vid es un cultivo que, en su forma tradicional, responde de forma difícil y lenta a la fertilización, si se compara con los resultados obtenidos en otros cultivos anuales. Todo ello es consecuencia de su carácter leñoso, así como de las particularidades de su desarrollo. Además, las sucesivas y normalmente severas podas dificultan la aparición de los resultados que pudieran derivarse de los programas de fertilización, al eliminar gran parte de la masa vegetativa.

4.2.5.2.1. Clima

Los elementos fertilizantes que una planta puede absorber dependen de factores climáticos tales como la temperatura, las precipitaciones y la luminosidad. Dicha absorción también condiciona su posterior transformación en elementos orgánicos que sirvan de alimento a las cepas.

En climas lluviosos, en los que se encuentren suelos arenosos y encharcados, se puede producir pérdida de nitrógeno. Así mismo, deficiencias hídricas también pueden derivar en la absorción errática de otros elementos nutritivos.

4.2.5.2.2. Suelo

El suelo, al ser el elemento sobre el que se sustenta la plantación, adquiere gran importancia cuando se trata el tema de la fertilización. Cómo esté estructurado y cuál sea la fertilidad de partida son parámetros que se deben conocer a la hora de realizar planes de fertilización en la plantación.

En el caso de terrenos arenosos, con alta velocidad de infiltración, las pérdidas por percolación profunda se ven favorecidas, así como el arrastre de elementos minerales en el flujo de agua a través del perfil del suelo. En estos terrenos se debe tener en cuenta que el coeficiente de aprovechamiento de los elementos por parte de la planta puede disminuir dramáticamente. Por ejemplo, si bien se estima que el nitrógeno es aprovechado en un 80% en la vid, en suelos arenosos este porcentaje puede disminuir hasta llegar al 30%.

No solo la estructura es una característica determinante del suelo, sino que el pH también se puede incluir dentro de esta categoría. Variaciones en la acidez del suelo provocan alteraciones sobre la absorción de elementos minerales. Por ejemplo, el nitrógeno se absorbe mejor en condiciones neutras de pH, mientras que la absorción de fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio se ve favorecida en condiciones ligeramente alcalinas.

Como valores recomendados, el pH no debería ser en ningún caso inferior a 5, ya que podrían causar deficiencias de Ca, P y Mg y toxicidades de Al y Mn. En el caso de los terrenos arcillosos, se recomiendan pH como mínimo de 6'5, y en suelos arenosos de 6'5.

4.2.5.2.3. Movilidad de elementos minerales

La movilidad de cada uno de los elementos minerales es determinante para su penetración en el perfil del suelo, y por lo tanto para la forma y la época en que deben ser aplicados. Mientras que los nitratos son compuestos muy móviles, otros como el

fósforo, el potasio y el calcio obligan a realizar aplicaciones localizadas, debido a su alta inmovilidad.

4.2.5.2.4. Variedades de vinífera y portainjerto

Dado que constituyen la cepa en sí, de ellos depende en último término cuáles vayan a ser las necesidades de la planta. La absorción de los elementos minerales está condicionada por la naturaleza del portainjerto, en función de su capacidad de expansión y de intercambio catiónico, así como de la profundidad que el sistema radicular se espere que llegue a alcanzar.

4.2.5.2.5. Edad del viñedo

De forma general se puede afirmar que las necesidades de elementos minerales aumentan proporcionalmente con la edad, aunque lo hacen de forma selectiva. En las etapas de juventud y vejez, por ejemplo, las necesidades de nitrógeno son mayores que en la etapa de mediana edad.

4.2.5.3. Nutrición mineral de la vid. Mantenimiento.

El mantenimiento mineral de la vid tiene como principal objetivo compensar los consumos anuales, para intentar mantener los niveles de reserva iniciales. Así, se deben tener en cuenta las extracciones de elementos por el cultivo que no son restituidos al suelo y las pérdidas por lixiviación e inmovilización.

4.2.5.3.1. Macronutrientes

Para aplicaciones de fertirrigación es necesario conocer el comportamiento de los principales nutrientes, nitrógeno, fósforo y potasio, en este tipo de aplicaciones, para poder así reducir el riesgo de lavado.

4.2.5.3.1.1. Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento principal para el desarrollo y crecimiento de la vid, especialmente de las hojas y de la madera. Además, es el eslabón fundamental de su metabolismo, ya que es básico para la multiplicación celular y la síntesis proteica, siendo especialmente necesario en la floración, en el desarrollo de los pámpanos y el engrosamiento de los frutos.

La falta de nitrógeno suele manifestarse en un raquitismo general de la planta, así como en una disminución de la clorofila en los órganos fotosintéticos y de la cosecha. Las hojas suelen adquirir un tono amarillento, llegando a ser amarillo limón. Si la deficiencia es severa, pueden llegar a secarse y a caerse de forma prematura.

El exceso de nitrógeno suele conducir a una vegetación excesiva, con el notable incremento en la probabilidad de sufrir una enfermedad criptogámica. También se agrava la tendencia al corrimiento, el envero y la maduración se retrasan y los pámpanos se agostan con dificultad. En cuanto a la producción de uva, se ve incrementada en cantidad y tamaño, pero se reduce la calidad de la cosecha, al disminuir el contenido de azúcares presentes en el mosto.

En fertirrigación se recomienda, dado que es un elemento muy lavable, aplicar el nitrógeno en forma de nitratos. Quedan descartadas por tanto formas amoniacales, que no quedan bien retenidas en el suelo y tardan en transformarse en formas nítricas entre dos y tres semanas, y formas uréicas, que tampoco se retienen en el suelo y tardan aún más que las amoniacales en transformarse en formas nítricas.

4.2.5.3.1.2. Fósforo

El fósforo, al igual que el nitrógeno, es un elemento constitutivo esencial de los tejidos vegetales, aunque en menor medida. Según Winkler (1974), el viñedo extrae del suelo una cantidad de fósforo equivalente a la sexta parte del nitrógeno utilizado por la planta.

El fósforo participa en diversos procesos metabólicos de la planta, como la respiración, el metabolismo de los glúcidos y la síntesis de lecitina, además de formar parte esencial en el RNA y en las moléculas energéticas de ATP y ADP. También se considera la relación P_2O_5 como un índice de fertilidad en la madera de poda, ya que los sarmientos que disponen de este compuesto en mayor cantidad acumulan más reservas y pueden formar más racimos.

Generalmente se considera que el fósforo es un elemento fertilizante que proporciona calidad, mientras que el nitrógeno actúa fundamentalmente sobre la cantidad.

La falta de fósforo desencadena retrasos en el crecimiento, envero y maduración, así como una mala fecundación. Además, las bayas son de menor tamaño, lo que afecta al rendimiento global.

El exceso de fósforo suele manifestarse en clorosis, si bien esto es una consecuencia derivada del exceso de calcio en el terreno, que hace que se desequilibre la relación Fe/PO_4 , produciéndose la precipitación de hierro en los haces vasculares de las hojas.

Para aplicaciones de fertirrigación se debe tener en cuenta que el fósforo es menos móvil que el resto de los elementos, y suele quedar retenido por el poder fijador del suelo. Ya que la fertirrigación parece que mejora su movilidad en el suelo, permite que las plantas puedan asimilarlo durante más tiempo. Además, las pérdidas por lavado se consideran despreciables.

4.2.5.3.1.3. Potasio

El potasio es, cuantitativamente, el catión más importante de las células vegetales. Interviene en procesos metabólicos tan básicos como lo son la fotosíntesis, respiración y transpiración.

La presencia de potasio suele favorecer el aumento en vigor y rendimiento de las cepas, provocando el aumento del tamaño de las hojas e incrementando el diámetro y peso de los sarmientos, asegurando un mejor agostamiento. Además, participa en la regulación estomática, lo que favorece la resistencia a la sequía. También interviene aumentando la acumulación de azúcares en las bayas, lo que le convierte, igual que al fósforo, en un factor de calidad.

Las necesidades de este elemento mineral son especialmente importantes en la vid en el momento de la floración y hasta el envero de las uvas. Dada su gran movilidad, es

necesario que en las hojas haya altos niveles de potasio que aseguren unos niveles normales del elemento en las bayas, para que así puedan madurar de forma correcta.

La falta de potasio produce una disminución en el alargamiento de los entrenudos de los pámpanos, con agostamiento precoz de los sarmientos. También se observan deficiencias en la fructificación, con un menor número de bayas y racimos corridos con bajo contenido en azúcares.

El potasio es un elemento muy poco móvil, que queda retenido por el poder fijador del suelo. Aun así, la fertirrigación favorece que se pueda desplazar hacia los bordes del bulbo y pueda ser lavado, descendiendo su nivel significativamente en la zona regada.

4.2.5.3.2. Micronutrientes

4.2.5.3.2.1. Calcio

El calcio participa en numerosas acciones enzimáticas, forma parte de la pectina y favorece la lignificación de los brotes, aumentando así la resistencia al frío de la planta. También ejerce un papel antitóxico frente al exceso de potasio, sodio o magnesio.

La falta de calcio provoca un menor desarrollo radicular y una menor resistencia al frío, lo que acaba debilitando a la cepa y haciendo que aparezcan sobre ésta signos de raquitismo.

El exceso de calcio determina la aparición en las hojas de clorosis férrica. Los lóbulos empiezan a adquirir un tono amarillento, mientras que los nervios se mantienen verdes. Pueden llegar a aparecer zonas con necrosis y a haber una caída prematura de las hojas.

4.2.5.3.2.2. Magnesio

El magnesio es un elemento muy importante, ya que forma parte de la clorofila, y participa en procesos vitales como la fotosíntesis y la formación de pectinas, xantofila y carotenoides. También contribuye a mantener la turgencia en las células vegetales.

La falta de magnesio, a veces consecuencia de suelos ácidos, se manifiesta en un debilitamiento general de la cepa: reducción del crecimiento de los pámpanos, lento desarrollo del tronco y reducción de la fructificación. La carencia de magnesio también puede ser consecuencia directa de un exceso de potasio o de calcio, con la aparición de areolas y la caída prematura de las hojas.

4.2.5.3.2.3. Hierro

El hierro es un elemento fundamental de la clorofila, además de participan en los mecanismos de oxidación-reducción que ocurren en la planta.

El hierro es el microelemento cuya carencia suele ser más visible, ya que las hojas se muestran cloróticas. La clorosis férrica suele estar asociada también con la presencia en el suelo de un alto contenido de caliza activa. Al ser la producción de clorofila insuficiente, las zonas intercostales empiezan a palidecer, hasta llegar al amarilleamiento del limbo, destacando el color oscuro de las nervaduras.

4.2.5.3.2.4. Azufre

El azufre participa en procesos relacionados con el metabolismo del nitrógeno y de los hidratos de carbono, es un componente esencial de la mayoría de las proteínas y estimula el desarrollo vegetativo de la vid.

Generalmente no se suelen observar patologías de carencia de azufre ya que los suelos suelen contar con una reserva suficiente para las extracciones anuales de la planta, que además se ve favorecida por las aportaciones indirectas de algunos fertilizantes. Aun así, cuando se presenta, se suele reducir la formación de clorofila, por lo que las hojas jóvenes empiezan a adoptar una coloración verde pálida, deteniéndose su crecimiento.

4.2.5.3.2.5. Boro

El boro es un microelemento que participa principalmente en el metabolismo relacionado con el ciclo reproductor de la vid, ya que interviene en la inducción floral, así como en el poder germinativo del polen y en el cuajado. Tiene un papel importante en la división celular, ya que estimula la síntesis de ácido nucleico y el desarrollo vegetativo.

La falta de boro suele dar lugar a una acusada clorosis y raquitismo, con entrenudos cortos y a una reducción del poder germinativo del polen. Esto afecta gravemente a la fructificación, que puede llegar a estar ausente en casos de deficiencias de boro severas. Se produce también un cuajado defectuoso y se forman frutos partenocárpicos, al no haberse producido la fertilización de los óvulos.

4.2.5.3.2.6. Manganeso

El manganeso participa en la fotosíntesis y en el control de la respiración, así como en la reducción de los nitratos y en procesos de germinación.

La falta de manganeso suele manifestarse en clorosis internerval en las hojas, que se puede llegar a confundir con los síntomas presentados por deficiencia de calcio.

4.2.5.3.2.7. Zinc

El zinc es un elemento fundamental para la fructificación y el crecimiento de la vid. Está relacionado con la anhidrasa carbónica y es un elemento necesario para la formación de las auxinas.

La falta de zinc provoca la aparición de clorosis en forma de mosaico, y que las bayas sean más pequeñas de lo normal y estén más sueltas dentro del racimo.

4.2.5.4. Diagnóstico foliar

La diagnosis foliar es un método de evaluación del viñedo que permite caracterizar y controlar la alimentación de la planta, para poder así corregir su fertilización. Además de la diagnosis foliar, también se pueden hacer diagnosis leñosa y peciolar.

La diagnosis foliar está basada en dos principios básicos:

- El contenido que las hojas presenten en elementos fertilizantes guarda una relación directa con las cantidades de esos elementos que han sido extraídos por

la cepa desde el suelo. Por lo tanto, la respuesta que una vid pueda presentar ante una aportación de fertilizantes se pondrá en evidencia por la diagnosis foliar.

- Dos hojas de la misma edad y de la misma variedad, cultivadas bajo las mismas condiciones, pero pertenecientes a dos cepas diferentes, habrían de tener composiciones químicas comparables.

4.2.5.4.1. Fecha de realización y modo

La diagnosis foliar, de acuerdo a las normas establecidas, se basa en analizar lotes de las dos primeras hojas normales tomadas de las bases de pámpanos fructíferos, hasta obtener unas 20 hojas por muestra. Las cepas a las que pertenezcan estas hojas deben ser representativas del resto de la parcela.

Se recomienda realizar el muestreo en cuatro momentos diferentes: al principio de la floración, al final de la floración, al principio del envero y en la madurez de la uva.

Con el tratamiento posterior de las muestras tomadas en el laboratorio se pueden llegar a obtener datos sobre materia seca, tales como la intensidad de alimentación, la alimentación global y el equilibrio nutritivo. Estos datos se pueden interpretar gráficamente, mediante una representación triangular equilátera del equilibrio nutritivo, donde cada lado representa 100 unidades de N, P_2O_5 y K_2O .

Para utilizar de forma práctica la diagnosis foliar basta con comparar el triángulo obtenido para el viñedo en estudio con unas gráficas de referencia, pertenecientes a viñedos de la misma región, que estén alimentados de forma adecuada y mantengan buenas producciones.

Se considera que la zona de correcto equilibrio nutritivo corresponde a las siguientes cifras medias:

- N: 40 a 50%
- P_2O_5 : 8 a 12%
- K_2O : 45 a 52%

4.2.5.5. Fertilizantes usados en fertirrigación

Los productos que se emplean en la fertirrigación deben cumplir con una serie de requisitos:

Deben ser productos solubles, ya que deben formar una disolución nutritiva con el agua de riego. Además, una solubilidad suficiente evita la aparición de obstrucciones causadas por partículas sin disolver.

Deben ser puros, ya que cualquier impureza podría provocar obstrucciones en el sistema de riego, reduciendo su efectividad.

Se debe conocer de antemano cuál será el pH de los productos puros, y cómo variará al producirse la mezcla de los productos

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 3. Proceso productivo

Se deben usar productos que sean compatibles entre sí y con el agua de riego, para evitar posibles interacciones que produzcan productos sólidos insolubles (Tabla 3):

Tabla 3. Compatibilidad en las mezclas de los fertilizantes más utilizados en fertirrigación. Fuente: Hojas Informativas SIAR CLM. <http://crea.uclm.es/siar/publicaciones/files/HOJA11.pdf>

Fertilizantes	Nitrato amónico	Sulfato amónico	Solución nitrogenada	Urea	Nitrato cálcico	Nitrato potásico	Fosfato monoamónico o biamónico	Ácido fosfórico	Sulfato potásico	Cloruro potásico	Fosfato monopotásico	Sulfato de magnesio
Nitrato amónico		C	X	X	I	C	X	X	C	C	C	C
Sulfato amónico	C		C	X	I	C	I	I	C	C	C	C
Solución nitrogenada	X	C		X	X	C	X	X	C	C	C	C
Urea	X	X	X		X	X	X	X	C	C	X	X
Nitrato cálcico	I	I	X	X		C	I	I	I	C	I	I
Nitrato potásico	C	C	C	X	C		C	C	C	C	C	X
Fosfato monoamónico o biamónico	X	I	X	X	I	C		C	C	C	C	C
Ácido fosfórico	X	I	X	X	I	C	C		C	C	C	C
Sulfato potásico	C	C	C	C	I	C	C	C		C	C	C
Cloruro potásico	C	C	C	C	C	C	C	C	C		C	C
Fosfato monopotásico	C	C	C	X	I	C	C	C	C	C		X
Sulfato de magnesio	C	C	C	X	I	X	C	C	C	C	X	

C: Compatible. Se puede mezclar
X: Se puede mezclar en el momento de su empleo.
I: Incompatible. No se pueden mezclar.

4.2.5.5.1. Fertilizantes sólidos solubles

Los fertilizantes sólidos usados en fertirrigación son sales puras cristalinas con una alta solubilidad en agua. Antes de inyectarlos en el sistema se deben disolver en un tanque para obtener una disolución madre.

A nivel comercial se encuentran los siguientes fertilizantes sólidos solubles (Tabla 4):

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo
Anejo 3. Proceso productivo

Tabla 4. Fertilizantes sólidos solubles. Fuente: Hojas Informativas SIAR CLM.
<http://crea.uclm.es/siar/publicaciones/files/HOJA11.pdf>

Fertilizante	Composición (N-P-K)	Características
Nitrato amónico	33,5-0-0	Es muy soluble. Aporta la mitad del N en forma nítrica y la otra mitad en forma amoniacal.
Sulfato amónico	21-0-0 (23 S)	Aporta N en forma amoniacal y azufre. Puede presentar problemas si se usa con aguas con alto contenido en calcio.
Urea	46-0-0	Es muy soluble. No acidifica ni saliniza el agua. Se pueden producir pérdidas por lixiviación.
Nitrato cálcico	15-0-0 (30 CaO)	Se utiliza en suelos carentes de calcio y en cultivos hortícolas muy exigentes.
Nitrato potásico	13-0-46	Es menos soluble, pero está muy recomendado para el aporte de potasio en fertirrigación.
Fosfato monoamónico (MAP)	12-60-0	Tiene bajo efecto salinizante y reacción ácida.
Fosfato diamónico (DAP)	21-52-0	Todo el N se encuentra en forma amoniacal. Su reacción es alcalina.
Polifosfato amónico	10-30-0	Es muy soluble, con capacidad para secuestrar microelementos
Fosfato de urea	17-44-0	Es más soluble y salinizante que el polifosfato amónico. Tiene una marcada reacción ácida.
Sulfato potásico	0-0-50 (17 S)	Es muy poco soluble
Microelementos	Se aportan en función de las características requeridas. Pueden ser sales minerales inorgánicas (hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, boro) o productos orgánicos o quelatos (de hierro, manganeso, zinc y cobre), que secuestran a los microelementos y los ponen a disposición de la planta.	

4.2.5.5.2. Fertilizantes líquidos o soluciones

En el caso de los fertilizantes líquidos no es necesario preparar una solución madre antes de aplicarlos.

A nivel comercial se encuentran los siguientes fertilizantes sólidos solubles (Tabla 5)

Tabla 5. Fertilizantes líquidos o soluciones. Fuente: Hojas Informativas SIAR CLM.
<http://crea.uclm.es/siar/publicaciones/files/HOJA11.pdf>

Solución fertilizante	Composición (N-P-K)	Características
Solución nitrogenada del 20% de N	20-0-0	La mitad del nitrógeno se encuentra en forma nítrica y la otra mitad en forma amoniacal. Su pH es ligeramente ácido.
Solución nitrogenada del 32% de N	32-0-0	El 25% del nitrógeno se aporta en forma amoniacal, el 25% nítrico y el 50% ureico. No es muy salinizante.
Nitrato cálcico líquido	8-0-0 (16 CaO)	Todo el nitrógeno aportado está en forma nítrica. Su pH es menor de 4 y se emplea para corregir carencias de calcio.
Nitrato de magnesio líquido	7-0-0 (9,5 MgO)	Se utiliza para aportar magnesio. No puede mezclarse con otros fertilizantes que contengan fósforo.
Ácido nítrico	13-0-0	Todo el nitrógeno aportado está en forma nítrica. Mejora la calidad de las aguas salinas.
Ácido fosfórico	0-52-0	Se utiliza para la aportación de fósforo. Con fertirrigación se ha comprobado la elevada migración de este elemento en profundidad al suelo, lo que facilita su absorción por el cultivo. Su reacción es muy acidificante.
Solución de potasio	0-0-15	Se utiliza como fuente de potasio en instalaciones donde se utilizan fertilizantes líquidos simples como fuente de N y P ₂ O ₅ .
Microelementos	En una fertirrigación basada en fertilizantes líquidos de gran pureza es necesario emplear soluciones que aporten al cultivo los microelementos requeridos, generalmente en forma de quelatos.	
Ácidos húmicos	Son formulaciones líquidas de sustancias húmicas que incrementan la absorción y asimilación de los nutrientes minerales, además de mejorar las características agronómicas del suelo.	
Aminoácidos	Se trata de una solución acuosa a base de aminoácidos asimilables por la planta, que sirven para activar o estimular el desarrollo vegetativo, la floración o el desarrollo de los frutos, además de aumentar la resistencia a diversas situaciones de estrés.	
Complejos líquidos	Los complejos son abonos que contienen dos o los tres elementos nutritivos principales (N, P y K) en distintas proporciones.	

4.2.5.5.3. Elección de los productos a emplear

De acuerdo a la información aportada por la Cooperativa, los más usados por los cooperativistas son los siguientes fertilizantes líquidos:

- Solución nitrogenada del 32% de N
- Ácido fosfórico
- Solución potásica al 15%

El hecho de elegir fertilizantes líquidos hace que se elimine el paso previo de tener que obtener una solución madre en un tanque adicional.

4.2.5.6. Determinación de necesidades

Para determinar las necesidades de fertilización se debe hacer un balance entre las entradas y las salidas, teniendo en cuenta también las reservas asimilables.

- Entradas:
 - Mineralización de la materia orgánica
 - Residuos orgánicos (sarmientos, follaje)
 - Precipitaciones atmosféricas
- Reservas asimilables
- Salidas:
 - Cosecha
 - Lavado: K, Mg, Ca y N
 - Fijación en el suelo: K y P
 - Malas hierbas y órganos perennes

Generalmente se estiman las necesidades de fertirrigación en base a la fertilización tradicional, aunque se debe tener en cuenta que al aplicarse el fertilizante sólo en el bulbo húmedo la planta aprovecha casi la totalidad del producto.

Habitualmente se consideran las siguientes extracciones de elementos fertilizantes del suelo para una vid dentro del periodo de producción (Tabla 6):

Tabla 6. Necesidades de fertilización. Fuente: Tratado de Viticultura General

Elemento fertilizante (kg)	Producción 100 litros vino	Producción 100 kg uva
Nitrógeno (N)	0,5-1,5	0,35-1,05
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,12-0,5	0,08-0,35
Potasio (K ₂ O)	0,6-2	0,42-1,4

Para determinar las necesidades se empleará el valor medio de las extracciones especificadas para 100 kg de uva. Se consideran la variedad Cencibel, con 12.848 kg/ha y la Airén con 13.000 kg/ha (Tablas 7 y 8):

Tabla 7. Necesidades de elementos fertilizantes por ha y variedad (I). Fuente: elaboración propia.

Elemento fertilizante (kg)	Necesidades 100 kg de uva	Cencibel: 12.848 kg/ha Necesidades por ha	Airén: 13.000 kg/ha Necesidades por ha
Nitrógeno (N)	0,7	90	91
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,22	28,3	28,6
Potasio (K ₂ O)	0,91	117	118,3

Tabla 8. Necesidades de elementos fertilizantes por ha y variedad (II). Fuente: elaboración propia.

	Cencibel: 12.848 kg/ha	Airén: 13.000 kg/ha
Elemento fertilizante (kg)	Necesidades (kg/ha)	Necesidades (kg/ha)
Nitrógeno 32% (32-0-0)	282	285
Fósforo 52% (0-52-0)	55	55
Potasio 15% (0-0-15)	780	789

4.2.5.7. Determinación de las necesidades mensuales

Las necesidades de fertilización de la planta no se pueden considerar constantes a lo largo del ciclo anual, por lo que las aplicaciones de fertirrigación se deberán acoplar a estos requerimientos para poder obtener el máximo rendimiento.

A continuación se detalla una aproximación a la determinación de las necesidades mensuales:

1º Etapa (Lloros a Cuajado): Abril - Junio

Los requerimientos son:

- 1/3 de las necesidades totales de N
- 30% de las necesidades totales de P_2O_5
- 25% de las necesidades totales de K_2O

2ª Etapa (Cuajado a Envero): Julio - Agosto

Los requerimientos son:

- 2/3 de las necesidades totales de N
- 50% de las necesidades totales de P_2O_5
- 60% de las necesidades totales de K_2O

3ª Etapa (Envero a Vendimia): Septiembre

Los requerimientos son:

- 20% de las necesidades totales de P_2O_5
- 15% de las necesidades totales de K_2O

4.2.5.8. Plan de abonado

Tabla 9. Plan de Abonado para la vd. Cencibel. Fuente: elaboración propia.

Elemento fertilizante	1ª etapa (kg/ha)	2ª etapa (kg/ha)	3ª etapa (kg/ha)
Nitrógeno 32% (32-0-0)	94	187	-
Fósforo 52% (0-52-0)	17	27	11
Potasio 15% (0-0-15)	195	468	117

Tabla 10. Plan de Abonado para la vid. Airén. Fuente: elaboración propia

Elemento fertilizante	1ª etapa (kg/ha)	2ª etapa (kg/ha)	3ª etapa (kg/ha)
Nitrógeno 32% (32-0-0)	95	190	-
Fósforo 52% (0-52-0)	17	27	11
Potasio 15% (0-0-15)	196	474	119

4.2.6. Poda

Mediante las operaciones de poda se pretende mantener a la vid dentro de los márgenes productivos óptimos dentro de su ciclo vital. Además, también se persiguen otros objetivos:

- Darle a la planta, durante sus primeros años, una forma determinada, y mantener esa forma a lo largo de los años de su vida productiva para facilitar las labores culturales
- Obtener producciones anuales lo más constantes posible
- Regular la fructificación, permitiendo la correcta maduración de los racimos
- Optimizar la relación planta-medio, limitando su potencial vegetativo a las posibilidades que el medio ofrece
- Permitir la buena distribución de la savia, tan importante en los procesos fisiológicos que derivan en la formación de azúcares en los racimos
- Para realizar una buena poda se debe partir de una serie de conocimientos esenciales:
- La producción de una cepa en un año depende básicamente del número de yemas francas dejadas en la poda correspondiente a ese año, lo que se conoce como carga
- El vigor vegetativo de una cepa depende del número de hojas activas completamente desarrolladas con que cuente la planta
- El desarrollo de los brotes de un brazo o de la cepa entera es inversamente proporcional a su número. Lo mismo puede aplicarse a los racimos.
- Los brotes más próximos a la vertical son los que ven más favorecido su crecimiento

4.2.6.1. Descripción del sistema de conducción y poda

Las vides de los cooperativistas se encuentran conducidas en espaldera vertical de un solo plano, y la mayoría de los cooperativistas tienen como sistema de poda elegido el Doble Cordón Royat, con un máximo de 16 yemas/cepa en la variedad Cencibel y de 14 yemas/cepa en Airén. Esto permite la vendimia mecanizada, aspecto que si se hubiera seguido la poda tradicional en la zona de “en cabeza a la manchega” no se podría haber podido considerar.

El Doble Cordón Royat, también conocido como VSP (por sus siglas en inglés vertical shooting position), es un sistema de poda que está constituido por un tronco del que parten dos varas, en las que se sujetarán los pulgares de donde saldrán los sarmientos. Para su formación se parte de dos sarmientos vigorosos consecutivos que se arquean en direcciones opuestas sobre el alambre (Fig. 4).



Figura 4. Doble Cordón Royat. Fuente: <http://www.pagodecarraovejas.com/vinedos/sistemas-cultivo/cordon-royat/>

Si bien con este sistema la poda anual es fácil y rápida de realizar, la de formación es larga y delicada. Aun así, se eligió este sistema de poda porque permitía que los racimos estuviesen separados y bien aireados, perfectamente accesibles a los tratamientos fitosanitarios.

4.2.6.2. Altura del tronco

La altura del tronco es de 70 cm sobre la superficie del suelo, una altura idónea que permite aumentar la cantidad de madera vieja que le supone a la vid un almacén de reservas. Esta es una altura recomendada, ya que facilita la mecanización del viñedo, aumenta la penetración de los tratamientos fitosanitarios y reduce el riesgo de heladas primaverales.

4.2.6.3. Determinación de la carga

La carga es el número de yemas latentes dejadas en la cepa en el momento de la poda, y representa el número máximo de sarmientos normales que podrán encontrarse en la cepa al final del periodo de vida activa. Se debe tener en cuenta que no todas las yemas son iguales, ya que las yemas de las varas tienen una fertilidad más acuciada.

Si se dejase una carga demasiado débil, los pámpanos tenderían a ser bastante vigorosos, lo que aumentaría la posibilidad del corrimiento del fruto. Sin embargo, dejando demasiada carga sobre la vid daría lugar a muchos racimos, que no podrían madurar de forma adecuada, y se produciría un agostamiento insuficiente y un consecuente debilitamiento general en la cepa.

En cada cepa se dejarán dos cordones con 4 pulgares cada uno, lo que resulta en 8 pulgares y 16 yemas por cepa.

A la hora de ajustar la carga total de una plantación se debe acudir en este caso a la legislación sobre la Denominación de Origen La Mancha a la que está acogida la cooperativa. Según la Orden de 13/10/2009, de la Consejería de Agricultura y

Desarrollo Rural, por la que se establecen las normas de producción y se regulan otras características y condiciones de los vinos de la Denominación de Origen La Mancha:

- En viñedos conducidos en espaldera la densidad de plantación por hectárea será de 1.275-3.333 cepas/ha
- El rendimiento máximo por hectárea en plantaciones conducidas en espaldera (variedades blancas y tintas) será de 13.000 kg/ha
- Las yemas productivas máximas en viñedos conducidas en espaldera son de 42.000 yemas/ha

Atendiendo a esto, y con las condiciones propias de los viñedos de los cooperativistas y los datos conocidos sobre las variedades Cencibel y Airén:

- Cencibel:

Índice de fertilidad (regadío): 1,32 racimos/yema

$16 \text{ yemas/cepa} \cdot 1,32 \text{ racimos/yema} = 21,16 \text{ racimos/cepa}$

Peso medio del racimo (regadío): 276,3 gr

$21,16 \text{ racimos/cepa} \cdot 0,2763 \text{ kg/racimo} = 5,84 \text{ kg de uva/cepa}$

Productividad máxima: $5,84 \text{ kg uva/cepa} \cdot 2200 \text{ cepas/ha} = 12.848 \text{ kg uva/ha}$

Determinación de la carga: $16 \text{ yemas/cepa} \cdot 2200 \text{ cepas/ha} = 35.520 \text{ yemas/ha}$

Para la parcela media, que como se comentó en el punto 3 tiene una superficie de 2,1 ha, y contando las pérdidas por accesos a la parcela, estimadas en un 4% (superficie útil: 2 ha), la producción real es de:

$2 \text{ ha} \cdot 12848 \text{ kg uva/ha} = 25.696 \text{ kg de uva}$

- Airén:

$14 \text{ yemas/cepa} \cdot 1,23 \text{ racimos/yema} = 14,8 \text{ racimos/cepa}$

Peso medio del racimo (regadío): 400 gr

$14,8 \text{ racimos/cepa} \cdot 0,4 \text{ kg/racimo} = 5,9 \text{ kg de uva/cepa}$

Productividad máxima: $5,9 \text{ kg uva/cepa} \cdot 2.200 \text{ cepas/ha} = 13.000 \text{ kg uva/ha}$

Determinación de la carga: $12 \text{ yemas/cepa} \cdot 2.200 \text{ cepas/ha} = 26.400 \text{ yemas/ha}$

Para la parcela media, que como se comentó en el punto 3 tiene una superficie de 2,1 ha, y contando las pérdidas por accesos a la parcela, estimadas en un 4% (superficie útil: 2 ha), la producción real es de:

$2 \text{ ha} \cdot 13.000 \text{ kg uva/ha} = 26.000 \text{ kg de uva}$

4.2.6.4. Poda de producción

Dado que la plantación se encuentran en el año 17 de su vida productiva, las cepas ya están perfectamente formadas, y cada año solo se realizan, generalmente, tres operaciones de poda: la prepoda, la poda de mantenimiento y la poda en verde.

Aun así, cada año cada pulgar dará lugar a la aparición de dos sarmientos portadores de racimos. Para no alargar los brazos del cordón se deberán eliminar los más alejados de la madera vieja.

4.2.6.4.1. Prepoda

La prepoda tiene como finalidad facilitar la poda definitiva, lo que se traduce en un ahorro en la mano de obra. Generalmente se realiza con una prepodadora mecánica durante los meses de noviembre o diciembre, en función de cuándo se produzca la caída de las hojas.

La Cooperativa dispone de tres prepodadoras a disposición de los cooperativistas, que se pueden acoplar al tractor, sobre el que irán suspendidas lateralmente y accionadas a la toma de fuerza.

4.2.6.4.2. Poda de mantenimiento

La poda de mantenimiento se realiza durante el reposo vegetativo sobre las partes agostadas: sarmientos, brazos y tronco. Es la más severa y la más peligrosa, dado el calibre de las heridas que se producen.

Esta poda se puede realizar desde 2 o 3 semanas después de la caída de las hojas hasta la semana previa al desborre. Es recomendable realizar esta poda lo más tarde posible dentro del intervalo comentado, ya que así se reduce el tiempo de exposición de las heridas de poda ante agentes infecciosos.

La poda se realizará, en el caso de las plantaciones de Cencibel, dejando 2 cordones con 4 pulgares cada uno, resultando en un total de 8 pulgares por cepa. Por lo tanto, la carga por cepa será de 16 yemas y de 35.520 yemas/ha.

En el caso de las plantaciones de Airén, se dejarán 2 cordones con 3 pulgares cada uno, resultando en un total de 6 pulgares por cepa. Por lo tanto, la carga por cepa será de 12 yemas y de 26.400 yemas/ha.

En ambos casos se suele realizar a mediados del mes de Febrero y se precisa mano de obra para realizar la poda manual con tijeras de poda.

4.2.6.4.3. Podas en verde

Las podas en verde se realizan durante el periodo de vida activa de la planta sobre sus órganos herbáceos.

4.2.6.4.3.1. Despampanado

El despampanado o espergurado consiste en suprimir los brotes, en estado herbáceo, que han salido en los brazos, en el tronco o en el patrón. No afecta negativamente al

número de racimos, ya que los brotes que salen sobre la madera vieja generalmente no son fértiles.

El despampanado es una práctica que se suele realizar temprano, una vez que haya pasado el riesgo de heladas primaverales. En el momento en que se realiza esta operación los pámpanos se desprenderán fácilmente, por lo que las heridas producidas serán insignificantes. Además, al no estar las hojas de estos brotes completamente desarrolladas, su contribución al potencial fotosintético no es relevante, por lo que la vid no se ve afectada si se eliminan.

Esta práctica aumenta el vigor individual de los pámpanos de los pulgares, lo que en lugares donde los veranos no sean excesivamente calurosos también produce una mejor calidad del fruto. También es una operación que reduce la posibilidad de contagio de Mildiu, ya que las esporas del hongo suelen estar en el suelo y suelen alcanzar primero a los brotes que están más abajo.

Generalmente se realiza de forma manual.

4.2.6.4.3.2. Despunte

El despunte o pellizco consiste en suprimir la extremidad de los pámpanos y su finalidad es contener el vigor de los brotes en situación privilegiada en beneficio de otros más débiles. Para ello, se eliminan unos 10 cm del extremo apical del pámpano, procurando dejar al menos 8 hojas por encima del racimo más elevado.

El despunte facilita el paso de la maquinaria por las calles, reduce los problemas de falta de insolación y ayuda a prevenir ataques criptogámicos en órganos jóvenes (mildiu y oidio).

Esta práctica se debe realizar durante la floración, para reducir el riesgo de corrimiento de la flor y para asegurarse una mejor alimentación del racimo. Generalmente se hace de forma manual.

4.2.6.4.3.3. Desniete

Se conoce como nietos a los pequeños pámpanos producidos por el brote de las yemas de brotación anticipada, situadas en la inserción de cada hoja.

El despunte de los nietos favorece el cuajado de los fritos, mejora la ventilación y la efectividad de los tratamientos fitosanitarios y facilita la vendimia.

Ya que existe el riesgo de lesionar alguna yema latente con interés para el próximo año, el desniete no debe realizarse con los primeros nietos de la base del pámpano.

Generalmente se realiza de forma manual.

4.2.6.4.3.4. Deshojado

El deshojado o desfoliado consiste en suprimir las hojas a nivel de los racimos para aumentar la iluminación y aireación y para mejorar la coloración y maduración de las bayas.

Esta práctica se suele realizar días antes de la vendimia, cuando las hojas de la base son menos activas. El realizar el deshojado en esta época pretende evitar la podredumbre, airear los racimos y acelerar su maduración mediante su exposición directa al sol. No se deben eliminar más de tres hojas por pámpano.

Generalmente se realiza de forma manual.

4.2.6.4.3.5. Aclareo

El aclareo de bayas o cinceado es una técnica de control del rendimiento en el viñedo. Consiste en eliminar racimos y bayas, de forma que al terminar de aclarar la cepa tenga el número suficiente de racimos que consigan obtener una calidad y desarrollo compatible con su vigor.

Se pueden eliminar racimos enteros o suprimir alguna parte de estos. Mediante el pinzamiento parcial se permite reducir la compacidad del racimo y homogeneizar el grosor y reparto de las bayas.

Generalmente se realiza de forma manual.

4.2.7. Vendimia

La cosecha de uva debe recogerse cuando esté en su punto óptimo de maduración. Este momento vendrá determinado por el contenido en azúcar y por la acidez, parámetros decisivos en la elaboración de vinos de calidad.

4.2.7.1. Índices de maduración para la uva

Los índices de maduración se emplean de forma sistemática para determinar la calidad de la uva según sea su destino final: vinificación, uva de mesa o pasificación.

La bodega es en este caso la que suministra los valores idóneos de los parámetros que necesite, ya que éstos varían en función del vino que se quiera producir.

4.2.7.1.1. Índices o caracteres generales de maduración externos

Cuando la uva ha alcanzado su punto óptimo de madurez se pueden observar sobre ella, de forma cualitativa, los siguientes caracteres externos:

- El racimo ha perdido la rigidez que tenía antes de madurar y tiene un aspecto colgante
- El grano de uva tiene el color propio de su variedad
- El raspón está lignificado
- Los granos de uva se desprenden fácilmente del rabillo, quedando adherida al final alguna porción de pulpa
- El sabor del grano es suave, azucarado y agradable
- Las semillas se separan fácilmente de la pulpa, llevando adherida a ellas una pequeña porción de ésta
- Al apretar la baya entre los dedos, la pulpa sale limpiamente del hollejo
- La uva presenta los aromas varietales propios
-

4.2.7.1.2. Índices físicos de maduración

A diferencia de los anteriores índices, los índices físicos de maduración se determinan de forma cuantitativa. Físicamente sobre un grano de uva se pueden determinar:

- El color del grano: se puede medir comparándolo con tarjetas y códigos de colores varietales o con procedimientos de espectrofotometría sobre los mostos macerados
- El peso del racimo: seleccionando una muestra significativa de los racimos del viñedo se puede hacer un seguimiento de la evolución del peso y el volumen. La toma de muestras se realiza desde mediados de julio con una frecuencia semanal, que se va incrementando a medida que se acerca la fecha estimada de la vendimia. La mejor hora para hacer estos muestreos es el mediodía, ya que el posible rocío ya habrá desaparecido y las temperaturas no serán excesivamente calurosas. Se considera que una vendimia ha alcanzado su madurez cuando los racimos no presentan incremento de peso durante unos pocos días.
- La resistencia del raballo: con instrumentación específica se puede medir la resistencia al desprendimiento del raballo sobre el grano de uva. La resistencia al desprendimiento del raballo es inversamente proporcional al estado de madurez de la uva.
- La firmeza de la pulpa y del hollejo: con equipos especiales se determina el índice de aplastamiento. Cuanto más dura esté la uva, menor es su resistencia a aplastado y menor es este índice.
- El rendimiento en mosto: tras haber hecho un muestreo representativo de los racimos del viñedo se extrae el mosto mediante estrujado. El mosto obtenido se expresa como un porcentaje sobre el peso total del racimo.
- La densidad del mosto: la densidad es un buen índice de la riqueza en azúcares del grano de uva. Para determinar su evolución se utiliza un muestreo representativo durante el periodo de maduración. Se considera que una vendimia ha alcanzado su madurez cuando se llega a un periodo de 2 o 3 días en los que la densidad no varíe significativamente. La densidad se puede expresar en g de azúcar/l, en grados Beaumé, en grados Oechsle, en grados Brix, en grados Babo,...

4.2.7.1.3. Índices químicos de maduración

Los índices químicos de maduración se fundamentan en determinaciones analíticas de la evolución los elementos más relevantes durante el proceso de maduración, como lo son la riqueza en azúcares y la acidez total (Fig. 5).

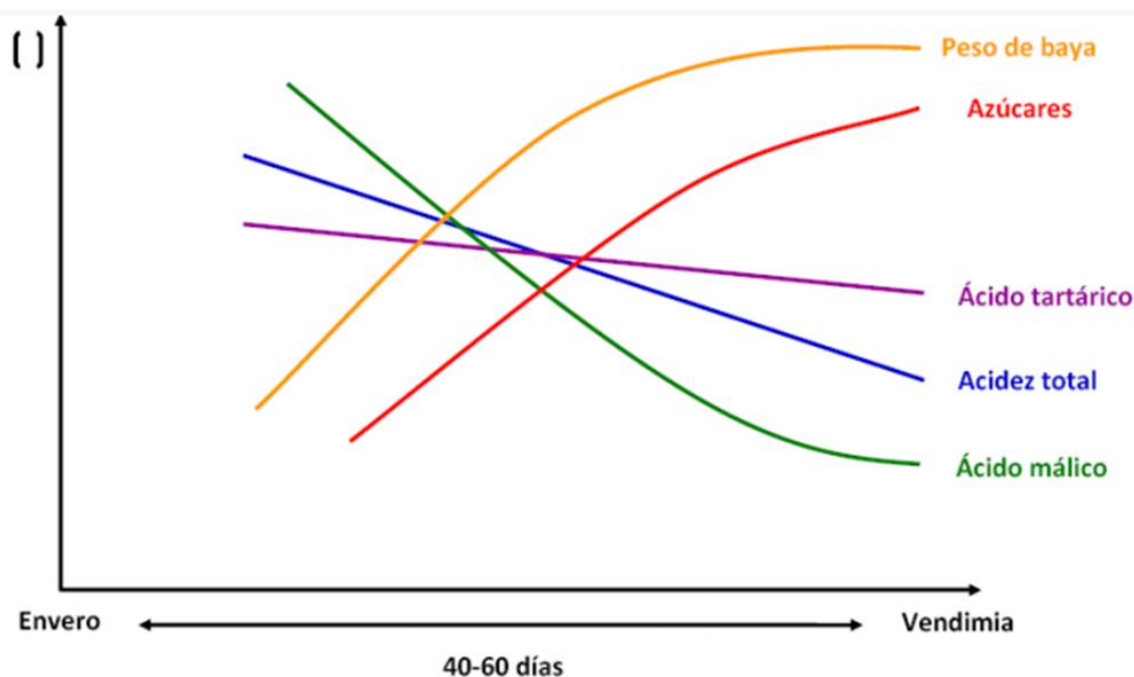


Figura 5. Evolución del peso de la baya, del contenido en azúcar y acidez durante la maduración.

Fuente: Control del Proceso de Maduración del Viñedo en Climas Cálidos.

<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web>

Para determinar estos índices también se emplean muestras, generalmente las 10 cepas más representativas, que se controlan año tras año. El mosto resultante de estos racimos se mezcla y es sobre éste sobre el que se determinan los índices químicos de maduración.

Algunos de estos índices se detallan a continuación:

- Relación glucosa/fructosa = Glucosa en g/l de mosto / Fructosa en g/l de mosto. La relación óptima oscila entre 0,92 y 0,95
- Índice de maduración de De Cillos y Odifredi = Azúcar en g/100 cc de mosto / Acidez total g/l de mosto. La acidez total se expresa en ácido tartárico
- Índice de maduración en grados Beaumé = Grados Beaumé a 15° x10/ Acidez total g/l en ácido tartárico

A medida que la uva va madurando, la acidez disminuye, los grados Baymé aumentan (por a acumulación de azúcares) y el pH también aumenta ligeramente.

4.2.7.1.4. Índices de maduración fisiológicos

Los índices de maduración fisiológicos se basan en la determinación analítica de los productos formados o desprendidos durante el proceso de maduración de la uva. Aunque a día de hoy por sí mismos son muy inespecíficos, si se complementan con algunos de los índices ya comentados pueden ser de gran utilidad.

- Desaparición de la clorofila. Durante el proceso de maduración de la uva, y especialmente en la fase del envero, la clorofila desaparece bruscamente, apareciendo los pigmentos varietales propios. Aun así, quedan pequeñas cantidades de clorofila que van desapareciendo lentamente, y que pueden ser

medidas con un clorómetro portátil, para tener una idea aproximada del estado de maduración de la uva.

- Respiración del racimo. La respiración del racimo sigue patrones crecientes y decrecientes a lo largo del proceso de maduración. Para medir la respiración del racimo se emplean dos parámetros:
- La intensidad respiratoria (IR). Es el consumo de oxígeno en mm³ por unidad de tiempo (hora) y por unidad de peso del grano de uva (g)
- El coeficiente respiratorio (QR). Es la relación existente entre el volumen de dióxido de carbono desprendido y el volumen de oxígeno consumido. El coeficiente respiratorio aumenta cuando lo hace la temperatura. En racimos verdes, el coeficiente respiratorio es de 1,33. Se considera como índice de maduración el valor 1,0 de coeficiente respiratorio.
- Análisis de etileno. El etileno es un gas producido durante la maduración de la uva, y su análisis representa un método bastante fiable como índice de maduración. Durante el periodo de maduración, en torno a los 50 días desde la fecundación, alcanza su valor máximo, llegándose a registrar desprendimientos de 40 cc de etileno/kg de uva. A medida que va madurando la uva los niveles de etileno van descendiendo hasta hacerse prácticamente nulos.

4.2.7.2. Época de realización

La época de vendimia dependerá de las condiciones climatológicas de cada año, así como de la variedad de *Vitis*. Aunque se dispone de un histórico de las fechas de vendimia en la zona, se deben muestrear 10 cepas representativas de cada parcela para analizar su contenido en azúcares, acidez y pH, para obtener los índices de maduración anteriormente comentados y poder determinar la fecha óptima para la vendimia.

Se estima que la vendimia tendrá lugar entre la segunda y la tercera semana de septiembre. Una vendimia temprana implicaría contenidos de azúcares bajos y demasiada acidez, y una vendimia tardía produciría una reducción en la producción y un exceso de azúcares en la cosecha.

4.2.7.3. Sistema de vendimia

El sistema de vendimia empleado en la Cooperativa es la vendimia mecanizada, ya que reporta importantes beneficios:

- La producción de vinos de calidad, en este caso acogidos a la D.O. La Mancha, obliga a recolectar las uvas en su estado óptimo de madurez. Esto se puede conseguir con la vendimia mecanizada, ya que es un proceso más rápido que la vendimia manual.
- Se reduce la mano de obra necesaria: por cada unidad vendimiadora se necesita un operario que conduzca la vendimiadora y otro operario que conduzca el tractor con el remolque para transportar la uva hasta la bodega.

También es necesario comentar los inconvenientes de la vendimia mecanizada:

- Se necesitan parcelas grandes y acondicionadas para este sistema: formaciones en Guyot o cordones, accesos amplios y calles bien alineadas
- Provoca unas pérdidas en torno al 3%, que representa las uvas que se quedan en la cepa y las que caen al suelo.

- Se producen fermentaciones indeseadas

4.2.7.3.1. Descripción de las máquinas vendimiadoras

Existen tres grandes grupos de vendimiadoras:

- Autopropulsadas: cuentan con un motor propio para accionar los órganos de trabajo y con ruedas para desplazarse de forma autónoma
- Polivalentes: son máquinas situadas bajo el bastidor de un tractor zancudo
- Arrastradas: van enganchadas a un tractor estrecho, con un ancho generalmente alrededor de 1,5m.

4.2.7.3.2. Elementos de la vendimiadora

Las vendimiadoras cuentan con un equipo de recolección formado por los elementos que a continuación se detallan, todos ellos acoplados a un bastidor.

Cabezal de desprendimiento

El objetivo principal de los dispositivos de desprendimiento en las máquinas vendimiadoras es el de arrancar las uvas de la cepa causándole a ésta el menor daño posible. El sistema de desprendimiento está formado por un conjunto de varillas enfrentadas que convergen en la parte posterior y que, dotadas de un movimiento alternativo, golpean las cepas a la altura en la que se encuentran los racimos (Fig. 6).

Normalmente se inicia la vendimia cuando la maduración media de la finca está bien avanzada, para evitar así que se arranquen racimos enteros y asegurar que la mayoría de las bayas se desprenden y se separan del escobajo.

Actualmente las vendimiadoras van equipadas con modernos sistemas electrónicos capaces de regular amplitud, frecuencia y aceleración de las vibraciones, así como la separación de las varillas.

Así se consigue una máquina versátil, capaz de adaptarse a las particularidades de cada finca: densidad de uvas en la hilera, ancho de calle, grado de madurez de las bayas,...



Figura 6. Cabezal de cosechadora de una vendimiadora Braud-New Holland. Fuente http://www.newholland.com/h4/products/products_series_specs.asp?Reg=ES&RL=SPES&NavID=000001430003&series=000005980511&feature=000005981011

Dispositivo de recepción y transporte

Ambas operaciones, la recepción y el transporte, están íntimamente relacionadas, llegando incluso a haber un único elemento en algunos modelos comerciales que realiza las dos funciones.

El sistema de recepción y estanqueidad impide que la uva caiga al suelo.

Tradicionalmente se han empleado sistemas con escamas imbricadas, situadas en la parte más baja del cabezal, que interceptan la uva una vez que se ha separado de la cepa. Las escamas van unidas a la parte baja del bastidor del túnel de vendimia mediante una articulación, que les permite retirarse y volver a su situación de partida cuando la máquina se encuentra con un poste o con un tronco.

Al estar las escamas ligeramente inclinadas, las uvas caen a una cinta transportadora que las conduce a la tolva (Fig. 7). Hay dos tipos de cintas transportadoras: unas horizontales con estrías que desplazan la uva hacia atrás y otras verticales con cangilones que las elevan hasta la tolva.



Figura 7. Sistema de recepción y transporte en vendimiadoras Pellenc. Fuente: <http://www.pellenc.com>

También existen otros sistemas con cestillas flexibles, que se desplazan a velocidad constante bajo las varillas del cabezal recogiendo el material desprendido y llevándolo a la tolva sin necesidad de una cinta de transportadora. Este sistema, conocido como Noria, la cestilla realiza la función de recepción y transporte hasta la tolva, lo que resulta ventajoso para la uva, ya que se reduce su manipulación en el interior de la máquina (Fig. 8)



Figura 8. Sistema de Noria. Fuente:

http://www.newholland.com/h4/products/products_series_specs.asp?Reg=ES&RL=SPES&NavID=000001430003&series=000005146111&feature=000005146311

Órganos de limpieza

Ya que puede darse el caso de que con las uvas también aparezcan en la vendimiadora hojas y trozos de sarmiento y de corteza, es necesario eliminar estas impurezas antes de que puedan interactuar con el mosto, modificando sus propiedades e incluso usando al mosto como medio de propagación de patógenos.

Los sistemas de limpieza se basan en las diferencias en cuanto a peso y dimensión de las uvas respecto a los otros restos vegetales que pudiesen aparecer. Unos extractores aspiran el aire, arrastrando elementos ligeros, tanto al final de las cintas transportadoras como antes de la descarga en la tolva. Respecto a elementos gruesos como los sarmientos caerán de la cinta al empezar la elevación (Fig. 9)

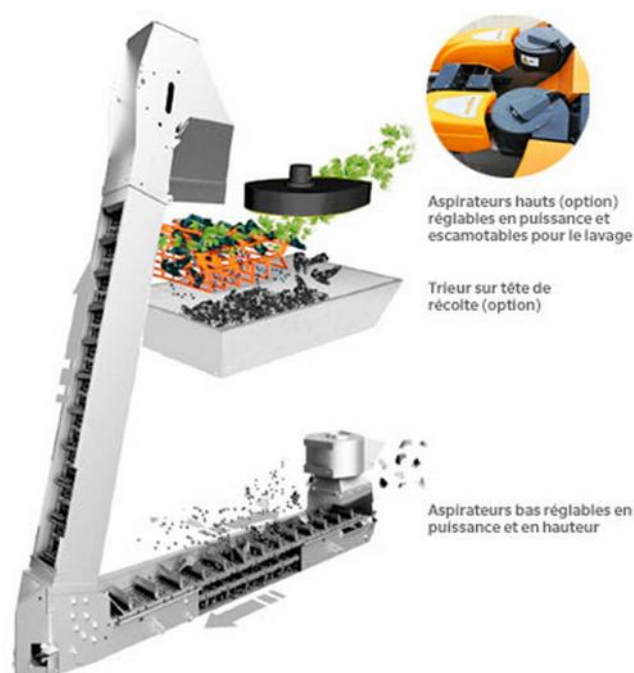


Figura 9. Órganos de limpieza. Fuente: <http://www.pellenc.com/agriculture/es/Machine-a-vendanger-tete-de-recolte.aspx>

4.2.7.3.3. Requisitos que exige el uso de las vendimiadoras

A diferencia de la vendimia manual, la vendimia mecanizada presenta una serie de requisitos que deben cumplir las parcelas objeto de la vendimia:

- Los accesos a la parcela deben ser lo suficientemente amplios para asegurar la entrada de la máquina
- La superficie de las parcelas tiene que asegurar que las líneas sean lo suficientemente largas como para reducir los tiempos de giro y maniobras
- Debido a las características constructivas de estas máquinas, las calles deben tener un ancho de al menos 1,5m, si bien existen en el mercado máquinas con chasis regulable que pueden vendimiar con anchuras de calle de 1m
- Las cepas deben estar conducidas en emparrados verticales con la producción situada en un mismo plan.
- La altura mínima de la cepa deberá ser mayor de 50cm sobre el suelo, y los racimos deben estar al menos a 20-30cm del suelo
- La formación más recomendada es el cordón

4.2.7.3.4. Rendimiento

4.2.8. Comercialización

La comercialización de la uva por parte de los viticultores no supone ningún problema, ya que la Cooperativa también hace a su vez de bodega. En sus instalaciones de 30.000 m² se elaboran anualmente cerca de 14 millones de litros de vino de las variedades Airén, Macabeo, Tempranillo y Cabernet Sauvignon, obtenidos de las 3.500 ha que abarca la cooperativa.

Los vinos que comercializa la Cooperativa se agrupan bajo dos nombres:

- Tintobel. Es un vino tinto obtenido a partir de las variedades Tempranillo y Cabernet Sauvignon. Tras una larga maceración del fruto, el vino permanece 6 meses en bodega y el resto en botella.
- Matices. La línea de producto Matices se presenta tanto en vino tinto como en blanco:
 - Vino blanco. Es un vino obtenido de las variedades Airén y Macabeo, fermentado a 17°C
 - Vino tinto. Es un vino obtenido de las variedades Tempranillo y Cabernet Sauvignon, fermentado entre 23 y 25°C.

5. IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL CULTIVO A DETERMINAR

Una vez que se ha analizado el proceso productivo de la explotación en profundidad, es necesario identificar los parámetros de calidad del cultivo que se quieren controlar, para poder así en los siguientes anejos seleccionar las tecnologías disponibles más adecuadas para cada uno de ellos (Tabla 11).

Tabla 11. Parámetros de calidad del cultivo a determinar. Fuente: elaboración propia.

Fenómeno	Parámetro	Frecuencia de adquisición de la información
Cambios ambientales	Temperatura ambiental	Continua durante todo el ciclo del cultivo
	Humedad ambiental	
	Presión atmosférica	
	Dirección y velocidad del viento	
	Pluviometría	
Absorción de nutrientes (P)	Temperatura del suelo	De 1 a 3 veces desde los llores hasta unos días después del cuajado
Estrés hídrico del cultivo	Humedad del suelo a dos profundidades	
	Temperatura de la cubierta vegetal	De 1 a 3 veces desde el cuajado hasta la vendimia
Desarrollo de la masa vegetativa – Estimación del rendimiento	NDVI	
Maduración de las bayas	Contenido en antocianinas	De 1 a 3 veces desde el cuajado hasta la vendimia
	Contenido en flavonoles	
	Fecha de vendimia	

6. REFERENCIAS

- AGÜERO, E. “Plantación de 70 ha de viñedo en espaldera con riego por goteo de la variedad Syrah en Campo de Criptana (D.O. La Mancha)” (2006) Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid.
- ARAQUE, V. “Plantación de 11,43 ha de viñedo conducido en espaldera y con riego localizado en El Toboso (Toledo)” (2012) Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid.
- ARMAS, S. “Plantación de 11,5 ha de viñedo (variedad Tempranillo) en espaldera en el término municipal de Párganos (Rioja Álava)” (2014) Proyecto Fin de Carrera, Universidad de La Rioja.
- CORRERO, P. “Diseño e instalación de un sistema de riego localizado por goteo con fertirrigación en un viñedo” (2008) Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Cádiz.
- GAMBOA, R.A. “Mecanización y regadío de una finca de 100 ha de viñedo en el término de San Martín de Valdeiglesias” (2010) Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid.
- GARCÍA, J.J., “Establecimiento de un viñedo de 16,36 ha en Usagre (Badajoz)” (2013) Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid.
- HIDALGO, L. “Tratado de Viticultura General” 3ª edición (Madrid, 2002) Ediciones Mundi-Prensa.
- LOZANO, G. “Instalación de riego y fertirrigación de 20 ha de viñedo y construcciones complementarias en El Toboso (Toledo)” (2011) Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid.
- TAPIA, P. “Dimensionamiento de planta elaboradora de vinos jóvenes y de crianza de 475.000 Kg de capacidad en la D.O. La Mancha” (2010) Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid.
- WINKLER, A.J., COOK, J.A., KLIOWER, W.M., LIDER, L.A. “General Viticulture” (1974) Capítulo 17. University of California Press, Berkeley.



“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

ANEJO IV

META-ANÁLISIS DE DATOS BIBLIOGRÁFICOS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	RED INALÁMBRICA DE SENSORES (WSN)	2
2.1.	Rías Baixas, 2012	2
2.2.	La Roda, 2013	4
3.	DRON (UAV)	6
3.1.	Tasmania, 2011.....	6
3.2.	Lleida, 2009-2010.....	9
4.	SENSORES MULTIFUNCIÓN.....	12
4.1.	Epernay, 2008.....	12
4.2.	Château Couhins, 2008.....	15
5.	RECOMENDACIONES GENERALES	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Waspnote y Meshlium en el viñedo.....	2
Figura 2. Aplicación para dispositivos Android.....	3
Figura 3. Diseño experimental y localización de los nodos.	4
Figura 4. Temperatura tomada a intervalos de 15 minutos entre el 20 y 21 de Agosto de 2011.	5
Figura 5. Ejemplo de un ortomosaico en el espectro visible de un viñedo.	7
Figura 6. Ejemplo de TIR del terreno.....	7
Figura 7. Composición falsa de colores en viñedo.....	8
Figura 8. Mapa NDVI.....	8
Figura 9. Mapa PRI.	9
Figura 9. Mapa térmico.	10
Figura 10. Temperatura de la cubierta.....	11
Figura 11. Mapa CWSI.....	12
Figura 12. Índices Multiplex para los DOY 220-290.....	14
Figura 13. Mapas obtenidos a partir de los datos.	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de variabilidad en las medidas.. 13

Tabla 2. Recomendaciones generales..... 16

1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se pretende hacer una revisión bibliográfica del uso de las tecnologías que se implantarán en el proyecto. Se hará especial hincapié en aquellos proyectos experimentales relacionados con la viticultura, ya que la metodología de uso y los resultados se podrán extrapolar a la solución propuesta en este proyecto.

2. RED INALÁMBRICA DE SENSORES (WSN)

2.1. Rías Baixas, 2012

MARTÍNEZ, J. *“Smart Viticulture Project in Spain Uses Sensor Devices to Harvest Healthier, More Abundant Grapes for Coveted Albariño Wines”* (2014) Disponible en: <http://www.libelium.com/sensors-mag-smart-viticulture-project-in-spain-uses-sensor-devices-to-harvest-healthier-more-abundant-grapes-for-coveted-albarino-wines/> (en línea).

Desde el año 2012, y subvencionado por la Diputación Provincial de Pontevedra, 400 productores de vino con D.O. Rias Baixas tienen instaladas redes inalámbricas de sensores de la compañía Libelium, para monitorizar temperatura y humedad del ambiente, del suelo y de las hojas para mejorar el manejo de los viñedos incluidos en el ensayo experimental (Figura 1).



Figura 1. Wasp mote y Meshlium en el viñedo. Fuente: <http://www.libelium.com/>

El objetivo principal del proyecto era mejorar la producción de uva y la calidad de la misma. En especial, los productores querían obtener información que les pudiese ayudar en la toma de decisiones en relación a las condiciones fitosanitarias para optimizar los tratamientos químicos.

En cuanto a la instalación, el proyecto contaba con tres *gateways* Meshlium inalámbricos y doce nodos *Waspmote* con sensores para medir en tiempo real la temperatura y la humedad del ambiente, suelo y hojas. El *gateway* Meshlium recogía los datos georreferenciados enviados por los nodos y se almacenaban vía 3G en la nube.

Primero se instalaron los *gateways* Meshlium, definiendo las zonas que iban a ser parametrizadas dentro de los viñedos. Posteriormente se instalaron y calibraron los nodos, desde el nodo más cercano al *gateway* al más lejano.

Una vez que el sistema base estaba instalado, se desarrolló una aplicación para dispositivos Android con el fin de poder controlar el sistema desde cualquier punto con conexión a Internet (Fig. 2). También se diseñó un modelo de predicción estadística ad-hoc para correlacionar las condiciones meteorológicas con la aparición de enfermedades en el viñedo.



Figura 2. Aplicación para dispositivos Android. Fuente: <http://www.libelium.com/>

Con la instalación de la red inalámbrica de sensores, los productores adheridos al proyecto pudieron desarrollar un sistema de producción de viticultura de precisión que generase datos medioambientales clave para los viñedos, lo que les permitió tomar decisiones en base a información en tiempo real.

En cuanto a los resultados obtenidos, los 400 productores implicados redujeron de media un 21% el uso de fertilizantes y un 18% el uso de fungicidas, a la vez que mejoraron la productividad en un 15%. Las bodegas también se vieron beneficiadas, ya que mejoraron su imagen como “bodegas *eco-friendly*”. Sin embargo, no se hace

mención a la calidad de la uva, aspecto muy importante a la hora de valorar la producción.

2.2. La Roda, 2013

MONTERO GARCÍA, F., BRASA, A., MONTERO RIQUELME, F. “Estudio de la variabilidad microclimática de un viñedo de 12 ha mediante Redes de Sensores Inalámbricas” (2013) Libro de actas del VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas, 263-268.

Investigadores de la ETS de Ingenieros Agrónomos de Albacete (Montero-García, F., et al., 2013) instalaron una red inalámbrica de sensores en 12 ha de viñedo en el término municipal de La Roda (Albacete). El objetivo del trabajo experimental era explorar el uso de los sistemas de información para la planificación y gestión del viñedo, proporcionar herramientas de seguimiento y evaluación de la variabilidad microclimática del cultivo de acuerdo a las condiciones particulares de las parcelas objeto de estudio, con el fin de aportar información para la planificación táctica del mismo. Se trataba de integrar los datos en un sistema de información que permitiera analizar la variabilidad de las parcelas de estudio y que aportase información suficiente para el manejo diario del cultivo y para la planificación de campañas.

Para analizar la variabilidad microclimática tuvieron en cuenta la variabilidad presente en las parcelas (pendiente y orientación) y la variabilidad agronómica (material vegetal, sistema de conducción, diseño de plantación y cultivo). Obtuvieron así 8 zonas diferentes (Fig. 3), un ejemplo bastante complejo de cara al desarrollo de la malla.

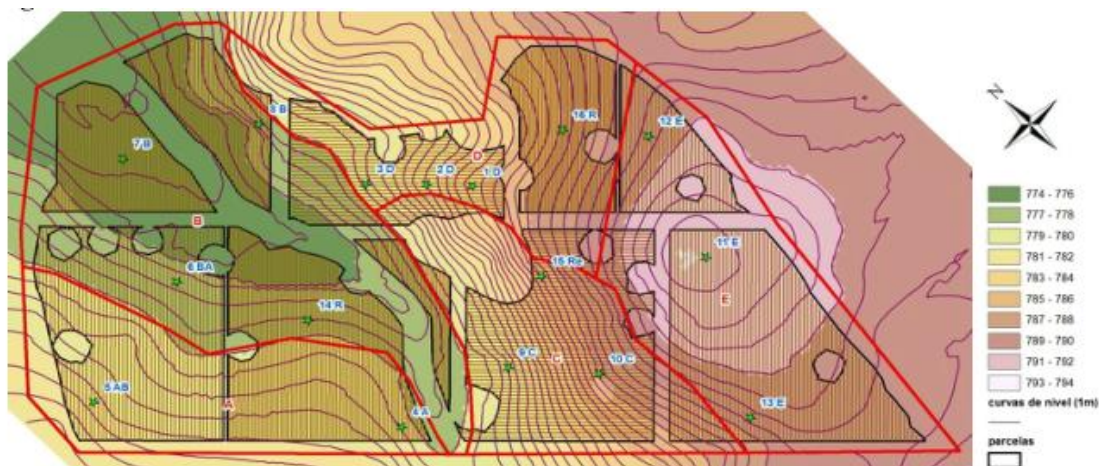


Figura 3. Diseño experimental y localización de los nodos. Fuente: <http://es.slideshare.net/lideresacademicos/vit-precision>

La red constaba de nodos CrossBow eN2100 eKo® equipados con sondas de humedad y temperatura ambiente que medían cada 15 minutos y se comunicaban entre ellos por radiofrecuencia (802.15.4 ZigBee®) hasta la estación base. Para el acceso remoto a la información se usó una conexión a Internet. Por cuestiones de capacidad de procesamiento, de seguridad y de capacidad de programación, el sistema de información se alojó en un servidor externo, que se sincronizaba automáticamente con el Gateway.

Se instalaron 16 sensores de humedad y temperatura ambiente modelo Sensirion SHT75 en el entorno inmediato de la ubicación de los racimos, para conocer el microclima y la

variabilidad de la parcela. Pretendían así diferenciar entre los diferentes sistemas de conducción (espaldera, espaldera con tornapunta, *Sprawl*, *Semisprawl* y eje vertical) y variedades (Tempranillo, Graciano, Cabernet-Sauvignon, Syrah y Petit Verdot).

Para el tratamiento de datos, comenzaron realizando un análisis temporal comparativo entre las medidas, estableciendo diferentes grupos agronómicos según combinaciones de pendiente, variedad y conducción.

Este análisis indicó que las series de datos eran iguales el 53% del día para la temperatura y el 86% para la humedad. La variación de estos resultados entre envero y vendimia indicaron tendencia a la estabilidad o a la menor diferenciación conforme avanza el ciclo vegetativo. También encontraron diferencias significativas ligadas a la pendiente para la temperatura y para la humedad, especialmente durante el envero: las pendientes nulas mostraron valores superiores de temperatura e inferiores de humedad relativa que las moderadas. Además, las orientaciones de pendiente SW registraron mayor temperatura que las orientaciones NW. Respecto a las diferencias en los sistemas de conducción, el *Sprawl* presentó mayores valores de temperatura y menores valores de humedad relativa que la espaldera.

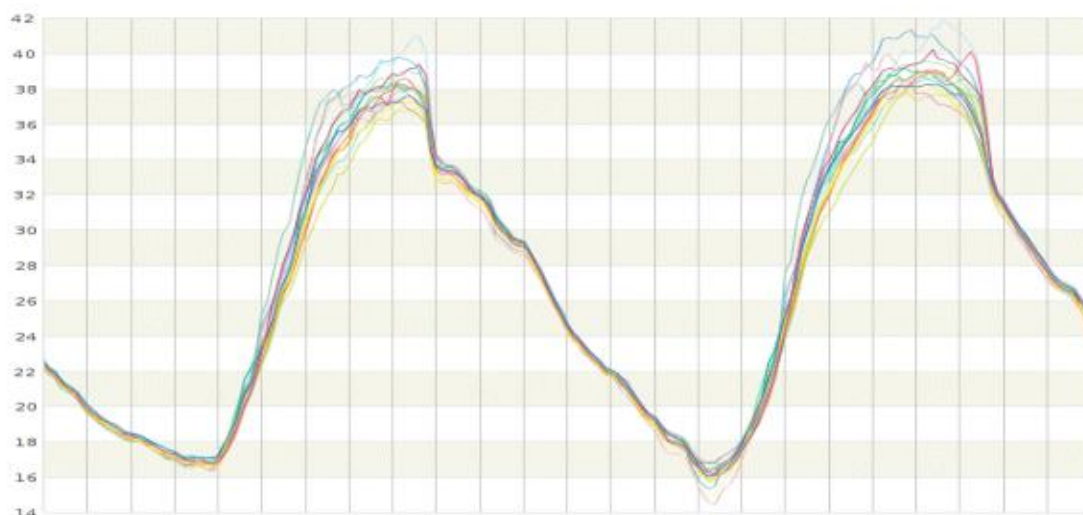


Figura 4. Temperatura tomada a intervalos de 15 minutos entre el 20 y 21 de Agosto de 2011. Fuente: <http://es.slideshare.net/lideresacademicos/vit-precision>

Posteriormente realizaron un análisis multivariante, con el que pretendían conocer en qué medida la temperatura y la humedad se veían afectadas por los condicionantes agronómicos. Para el tratamiento de datos emplearon en software Statgraphics Plus 5.1.

Concluyeron que durante la noche y el amanecer no existía ningún efecto de los condicionantes agronómicos sobre las variables en estudio, aunque sí lo había durante la mañana, el mediodía y el atardecer. En cuanto a los sistemas de conducción, confirmaron que las espalderas presentaban las mañanas más cortas y los mediodías y atardecres más largos, mientras que el eje vertical presentaba las mañanas más largas y los mediodías y atardecres más cortos.

3. DRON (UAV)

3.1. Tasmania, 2011

TURNER, D., LUCIEER, A., WATSON, C. “*Development of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for hyper resolution vineyard mapping based on visible, multispectral, and thermal imagery*” (2011), International Symposium on Remote Sensing of Environment.

Investigadores de la *School of Geography and Environmental Studies* de la Universidad de Tasmania usaron en 2011 un UAV para la creación de mapas en alta resolución en viñedos basándose en imágenes del espectro visible, multispectrales y térmicas.

Para ello emplearon un dron Mikrokopter con un peso al despegue de 1 kg aproximadamente. El dron incluía una cámara digital Canon 550D SLR, una cámara FLIR y una cámara multispectral Tetracam mini-MCA. La primera se usó para, con software propio de la fotogrametría, poder obtener un modelo digital del terreno. La segunda era una cámara térmica de infrarrojos que se acoplaba al Oktokopter para medir la temperatura de la superficie. La tercera se empleó para analizar la reflectancia de la vegetación en longitudes de onda críticas, permitiendo así el cálculo de índices de vegetación.

Los ensayos los realizaron en la localidad de Frogmore Creek, al sur de Tasmania, en una zona de viñedos que contaba con una topografía muy variable, lo que afectaba a la humedad del suelo y por lo tanto al vigor de las plantas.

Para orto-rectificar las imágenes tomadas por el dron con la cámara Canon 550D SLR, instauraron un sistema semiautomatizado, tras haber seleccionado las más idóneas entre todas las tomadas durante el vuelo. Obtuvieron imágenes como la figura 5, formada por la combinación de 48 imágenes, y que abarca un área aproximada de 200 x 150 m.



Figura 5. Ejemplo de un ortomosaico en el espectro visible de un viñedo. Fuente: artículo

De la cámara térmica de infrarrojos FLIR obtuvieron mapas térmicos como el de la figura 6, en el que se observa que el gradiente de temperatura se va incrementando hacia la esquina inferior derecha. Posteriormente comprobaron sobre el terreno que la zona con mayor temperatura era la que presentaba menos vigor, por lo que había una mayor fracción de suelo expuesta al calor, y éste estaba a mayor temperatura.

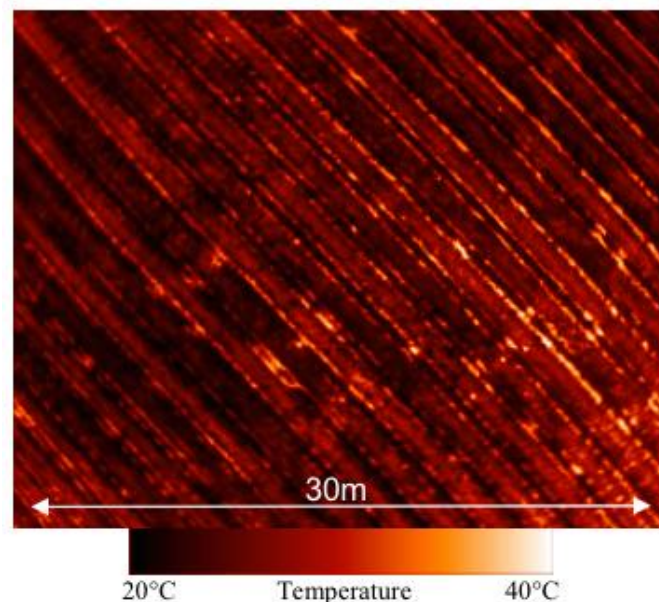


Figura 6. Ejemplo de TIR del terreno. Fuente: artículo.

De la cámara multispectral Tetracam mini-MCA obtuvieron imágenes a las que se les podía modificar la composición de colores, para generar rápidamente así mapas que permitan encontrar regiones de especial interés. La figura 7 muestra el mismo área que

el mapa térmico infrarrojo de la figura 6, y demuestra que las zonas menos vigorosas también pueden definirse bien con las imágenes multiespectrales (En la figura 7: Rojo = 800 nm, Verde = 670 nm y Azul = 550 nm).

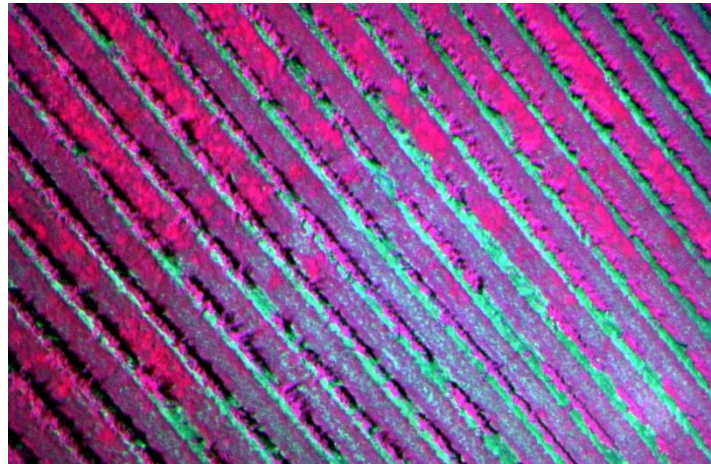


Figura 7. Composición falsa de colores en viñedo. Fuente: artículo.

Una vez hubieron procesado las imágenes, obtuvieron mapas de NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*) (Fig. 8) y PRI (*Photochemical Reflectance Index*) (Fig. 9). En ambos casos se observaba claramente la zona menos vigorosa. En el caso del mapa de PRI se puede observar que la esquina superior izquierda con mayores zonas blancas representa plantas más vigorosas y con más hojas, mientras que en la esquina inferior derecha hay muchas menos hojas, pudiendo incluso llegar a apreciarse los alambres de las conducciones.

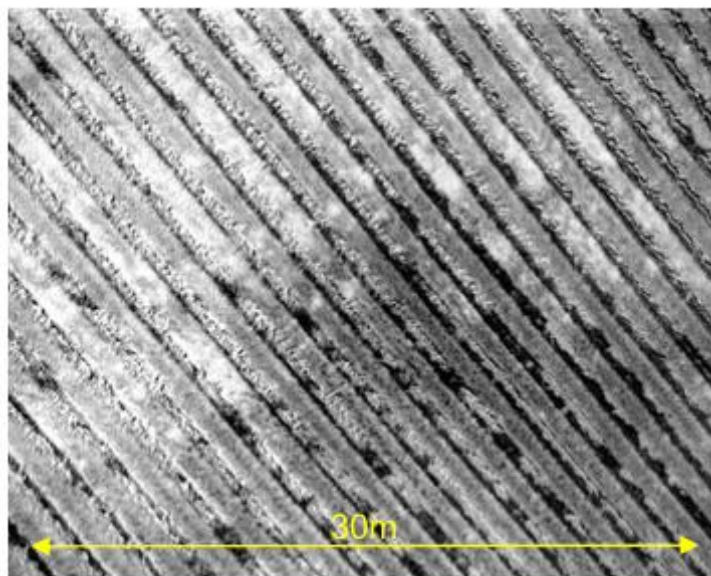


Figura 8. Mapa NDVI. Fuente: artículo

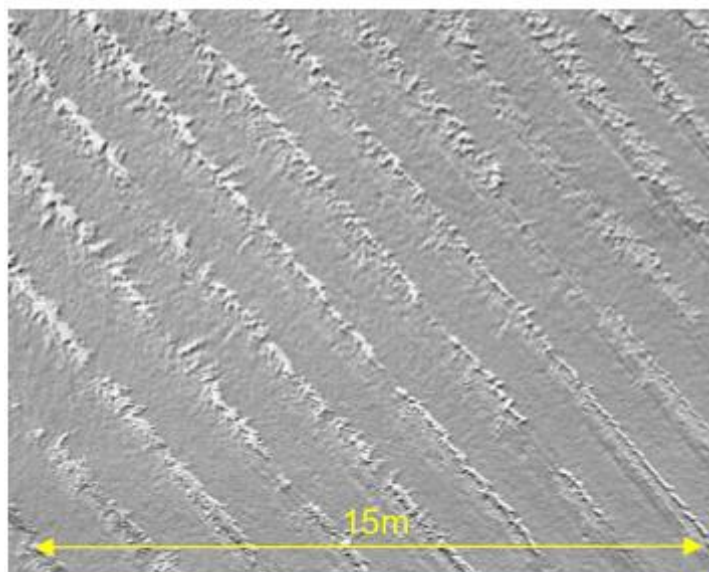


Figura 9. Mapa PRI. Fuente: artículo

Los resultados resaltaron la utilidad del uso de UAV en la viticultura de precisión. La versatilidad de este sistema también se ve favorecida por el hecho de que los datos se pueden recolectar a demanda, con una resolución temporal sin precedentes que ayuda a la toma de decisiones en los momentos críticos del ciclo de la planta.

3.2. Lleida, 2009-2010

BELLVERT, J., ZARCO-TEJADA, P.J., GIRONA, J., FERERES, E. “*Mapping crop water stress index in a ‘Pinot-noir’ vineyard: comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle*” (2014) *Precision agriculture*, 15: 361-376.

Investigadores del IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries) y del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) llevaron a cabo un estudio experimental durante la campaña 2009-2010 en 11 ha de la variedad Pinot-noir en Raimat (Lleida). Las parcelas contaban con sistema de riego por goteo.

El objetivo del estudio era caracterizar el CWSI (*Crop Water Stress Index*) a partir de las mediciones tomadas de la temperatura de la cubierta. Para ello se diferenciaron dos zonas: una en la que la dotación cubría el 100% de la ETo y otra en la que se regaba cuando el potencial hídrico de las hojas caía por debajo de los -1,6 MPa. La elaboración de mapas de CWSI permite identificar zonas con diferentes estados hídricos. La principal ventaja de estos mapas es la posibilidad de gestionar el riego a gran escala, teniendo en cuenta la variabilidad espacial en el estado hídrico de las plantas.

Se instalaron 4 sensores de temperatura infrarroja un metro por encima de la cubierta vegetal, sobre dos plantas en cada una de las dos zonas diferenciadas. Los sensores registraban temperaturas cada minuto y se almacenaban medias de intervalos de 15 minutos.

Para obtener imágenes aéreas usaron una cámara térmica Thermoteknix Systems Miricle 307K sobre un dron desarrollado en el Laboratorio de Métodos Cuantitativos de Teledetección (Quantalab, IAS-CSIC, Córdoba). La cámara tenía una resolución de

640x480 pixels, y contaba con una lente de 14.25 mm f1.3. Cada día que tomaban datos programaban 3 vuelos (07:30, 09:30 y 12:30). La resolución espacial obtenida en las imágenes era de 0,3m, lo que permitía capturar sólo la cubierta vegetal del viñedo, excluyendo el suelo y las posibles sombras.

Para obtener feed-back de las mediciones obtenidas con los sensores de temperatura infrarroja y con los vuelos realizados por el dron, cada día a las 12:00 midieron el potencial hídrico de las hojas de las plantas sobre las que los sensores estaban instalados. Para ello emplearon una cámara de presión de Scholander. También realizaron medidas coincidiendo con la programación de los vuelos, para relacionar la temperatura de la cubierta obtenida de las imágenes térmicas con un indicador a nivel de suelo de estrés hídrico.

En la figura 9 se recoge el mapa térmico obtenido del vuelo realizado a las 12:30h, así como los datos obtenidos de potencial hídrico de las hojas. Había una clara variabilidad en la temperatura de la cubierta en el viñedo. Las temperaturas máximas de la cubierta se correspondían con las plantas estresadas, llegando a valores de 40°C. La temperatura de la cubierta estresada era 7,5°C más alta que la del ambiente. En cambio, las plantas que estaban bien regadas tenían una temperatura de cubierta inferior que la del aire, debido al efecto refrigerante de la transpiración.

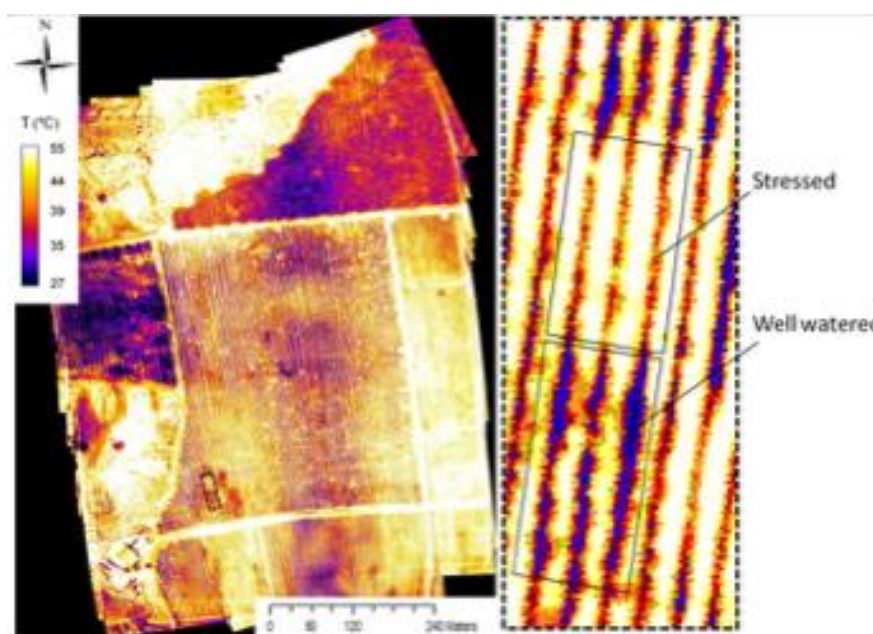


Figura 9. Mapa térmico. Fuente: artículo

Las imágenes térmicas capturaron la temperatura de las hojas en la parte superior de la cubierta. A las 09:30 el ángulo solar es menor que al mediodía, y casi la mitad de las hojas no están expuestas directamente a la radiación solar (Fig. 10a). Los píxeles de hojas con sombra tenían menos temperatura que los que sólo representaban hojas con incidencia directa del Sol. En cambio, en el vuelo registrado a las 12:30 observaron mayor variabilidad en la temperatura de la cubierta (Fig. 10b). Teniendo en cuenta lo anterior y la influencia de la apertura y cierre estomático, determinaron que la mejor

hora para obtener imágenes térmicas que caracterizasen el estrés hídrico de las plantas era a mediodía, entre las 12:00 y las 13:30h.

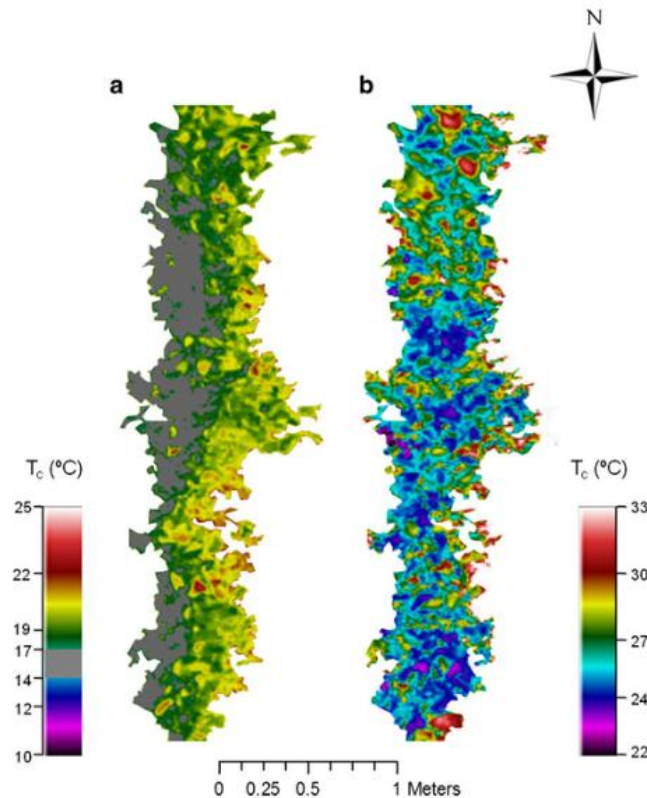


Figura 10. Temperatura de la cubierta. Fuente: artículo

Para la obtención del CWSI relacionaron la temperatura de la cubierta, la del aire, la presión de vapor y una serie de constantes. Obtuvieron así valores de CWSI entre 0 y 1, que representaron en un mapa, donde 1 representa el mayor valor de estrés hídrico (Fig. 11). Hasta ahora, los viñedos que producían vinos de alta calidad estaban gestionados por sub-zonas, basándose en las diferencias en la composición de las bayas.

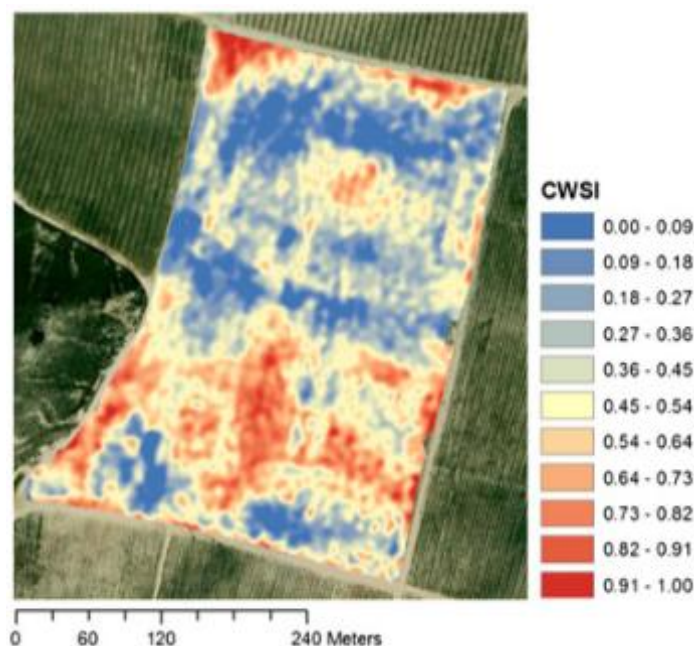


Figura 11. Mapa CWSI. Fuente: artículo

Además, concluyeron que el tamaño de píxel óptimo para diferenciar la temperatura de la cubierta de la temperatura del suelo era de 0,3m, lo que se justifica por la corta distancia que hay entre las calles en los viñedos. Tamaños de píxel mayores redujeron la correlación entre CWSI y el potencial hídrico de las hojas, ya que recogían información tanto del suelo como de las hojas.

4. SENSORES MULTIFUNCIÓN

4.1. Epernay, 2008

BEN GHOZLEN, N., CEROVIC, Z.G., GERMAIN, C., TOUTAIN, S., LATOUCHE, G. “*Non-Destructive Optical Monitoring of Grape Maturation by Proximal Sensing*” (2010) *Sensors*, 10: 10040-10068.

Ben Ghazlen et. al (2010) validaron el uso del fluorómetro Multiplex®, así como los índices que de sus medidas se obtienen, basados en la fluorescencia de la clorofila. Para ello calibraron los sensores para estimar el contenido de antocianinas de los frutos, diseñaron un modelo para relacionar el descenso en número de las bayas verdes con la acumulación de antocianinas y propusieron un protocolo de implementación del sensor en Champagne.

Para la calibración recurrieron a la medición de 42 racimos de las variedades Pinot Noir (PN), Pinot Meunier (PM) y Chardonnay (CH), registrando los datos una vez a la semana. En cada toma de datos, se realizaba una sola medición por racimo, para evitar posibles variaciones en la fluorescencia de la clorofila debido a causas ambientales. De forma paralela, muestrearon 2 kg de racimos por semana, que fueron llevados al laboratorio para medir el pH, la acidez total y el contenido de azúcares.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 4. Meta-análisis de datos bibliográficos

A partir de las medidas obtenidas a diferentes longitudes de onda, calcularon el índice de antocianinas (ANTH_RG), la fluorescencia en el rojo lejano (FRF_R) y el ratio de fluorescencia simple de la clorofila (SFR_R). Encontraron que la precisión de Multiplex® era buena y la reproducibilidad era satisfactoria para los 3 índices (Tabla 1). También determinaron que la mayor fuente de variabilidad era la distancia entre el fluorómetro y el racimo.

Tabla 1. Fuentes de variabilidad en las medidas. Fuente: artículo.

Source of variation	FRF_R			SFR_R			ANTH_RG		
	Mean	SD	%SD	Mean	SD	%SD	Mean	SD	%SD
Repeatability ^a									
Signal in mV	2,297	10.7	0.5	2.578	0.015	0.6	0.629	0.003	0.4
Standardised signal	1.000	0.0047	0.5	1.000	0.0059	0.6	0	0.0026	–
Reproducibility ^b	0.902	0.016	1.8	0.984	0.008	0.8	–0.013	0.006	–
Temperature ^c	0.932	0.067	7.2	0.985	0.018	1.8	–0.010	0.014	–
Distance ^d									
Green berries	1.373	0.408	29.7	1.089	0.024	2.2	0.072	0.018	–
Immature red berries	0.918	0.356	38.8	0.948	0.019	2.0	0.493	0.021	4.2
Mature purple berries	0.142	0.039	27.7	0.701	0.028	3.9	0.601	0.007	1.2

Para realizar el seguimiento de los índices ya comentados durante la maduración de las bayas, también usaron un índice indirecto, el índice FERARI (*Fluorescence Excitation Ratio Anthocyanin Relative Index*) (Fig. 12). Observaron que el índice FERARI se incrementaba de forma constante hasta el último día, si bien a partir del día 260 había un cambio de tendencia. Este día coincidía con el día en el que todos los racimos de las variedades Pinot Noir y Pinot Meunier habían adquirido la tonalidad roja.

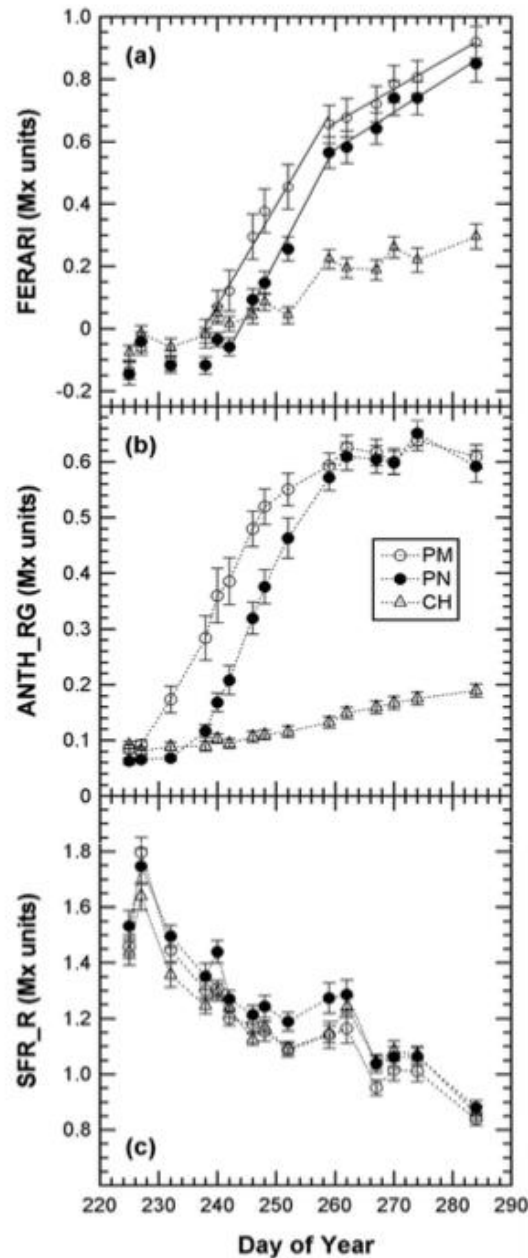


Figura 12. Índices Multiplex para los DOY 220-290. Fuente: artículo

Para el caso de las uvas blancas, como es el caso de la variedad Chardonnay, propusieron el uso del índice SFR ligado al contenido de clorofila en la piel para estimar la maduración del cultivar, ya que hay una fuerte correlación entre la acumulación de azúcares y la disminución de la clorofila. También propusieron usar el índice ANTH, que se incrementa de forma constante durante el ciclo de la planta, debido tanto a la pérdida de clorofila como a los cambios en las propiedades ópticas de las bayas (se van tornando translúcidas).

4.2. Château Couhins, 2008

CEROVIC, Z.G., GOUTOULY, J., HILBERT, G., DESTAC-IRVINE, A., MARTINON, V., MOISE, N. “*Mapping winegrape quality attributes using portable fluorescence-based sensors*” (2009) Libro de actas de FRUTIC 09: Fruit, nut and vegetable production engineering symposium, 301-310.

Cerovic et. al (2008) evaluó el potencial del sensor Multiplex para generar mapas de calidad de uva basándose en el contenido de flavonol y antocianinas de la piel.

Para ello empleó una parcela experimental de 0,24ha con la variedad Merlot en Château Couhins. Muestreó un total de 1784 racimos, en los que midió su contenido en antocianinas y flavonol, concretamente los índices FLAV, ANTH y ANTH_GR. Posteriormente comparó los datos con análisis químicos realizados en el laboratorio para obtener los mismos índices.

Para la obtención de los mapas (Fig. 13), emplearon software propio de la geoestadística (Surfer, Golden software). Analizaron así la estructura espacial de los datos y definieron los variogramas.

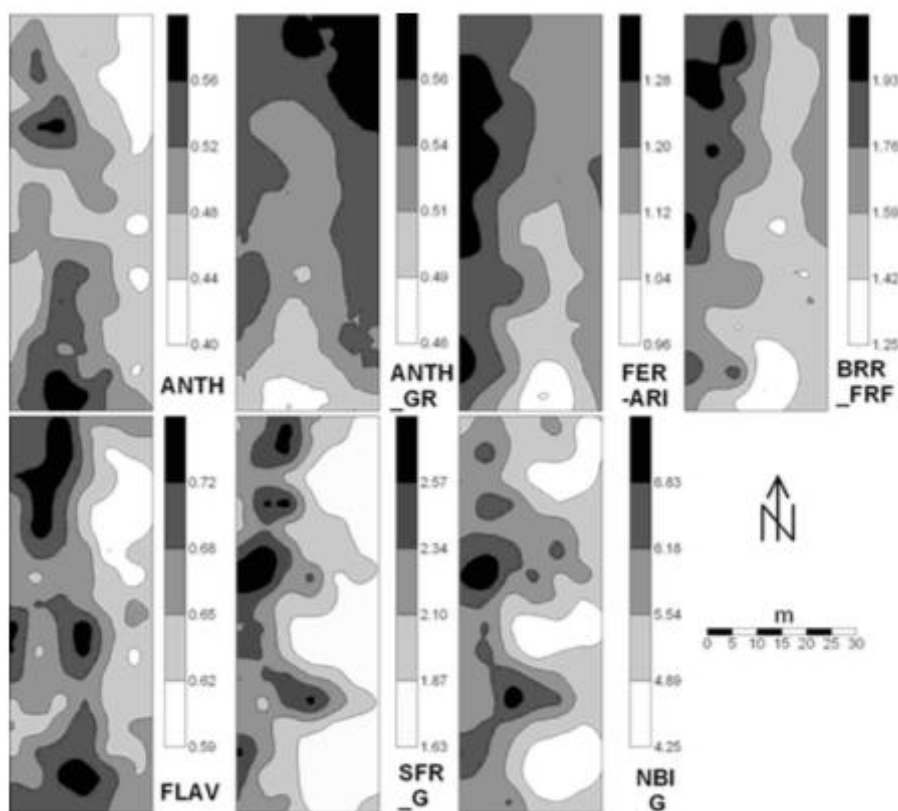


Figura 13. Mapas obtenidos a partir de los datos. Fuente: artículo

5. RECOMENDACIONES GENERALES

Como resumen al análisis desarrollado en este anejo, se pueden extraer las siguientes recomendaciones generales para cada una de las tecnologías (Tabla 2):

Tabla 2. Recomendaciones generales. Fuente: elaboración propia.

Redes inalámbricas de sensores
<ul style="list-style-type: none">• Se pueden desarrollar modelos estadísticos de estimación para correlacionar las condiciones meteorológicas con la aparición de enfermedades en el viñedo.• Es previsible obtener empleando esta tecnología una reducción aproximada del 20% en el uso de fertilizantes y fungicidas, a la vez que un incremento de la productividad de un 15%.• Por cuestiones de capacidad de procesamiento, de seguridad y de capacidad de programación se recomienda alojar el sistema de información en un servidor externo que se sincronice automáticamente con el Gateway.• Se deben tener en cuenta las diferencias de temperatura y humedad que pueden aparecer en casos de irregularidades del terreno, en diferentes orientaciones de las filas y en los diversos sistemas de conducción.
Drones (UAV)
<ul style="list-style-type: none">• La mejor hora para obtener imágenes térmicas que caractericen el estrés hídrico de las plantas es a mediodía, entre las 12:00 y las 13:30h.• El tamaño de píxel óptimo para diferenciar la temperatura de la cubierta de la temperatura del suelo es de 0,3m.• Su resolución temporal sin precedentes ayuda en la toma de decisiones en los momentos críticos del ciclo de la planta.
Sensores multifunción
<ul style="list-style-type: none">• Se recomienda realizar una sola medición por racimo, para evitar posibles variaciones en la fluorescencia de la clorofila debido a causas ambientales.• Se debe tener en cuenta que la mayor fuente de variabilidad es la distancia entre el fluorómetro y el racimo.• Para el caso de las uvas blancas, se recomienda usar el índice SFR, ligado al contenido de clorofila en la piel para estimar la maduración del cultivar. También se puede emplear índice ANTH, que se incrementa de forma constante durante el ciclo de la planta.



“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

ANEJO V

SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	RED INALÁMBRICA DE SENSORES.....	2
2.1.	Elementos	2
2.1.1.	Nodos.....	2
2.1.1.1.	Especificaciones técnicas	2
2.1.1.2.	Programación de los nodos	3
2.1.2.	Sensores.....	4
2.1.2.1.	Sensor A – Humedad y temperatura ambiental.....	4
2.1.2.2.	Sensor B – Presión atmosférica.....	5
2.1.2.3.	Sensor C – Temperatura del suelo.....	5
2.1.2.4.	Sensor D – Estación meteorológica	6
2.1.2.4.1.	Anemómetro	6
2.1.2.4.2.	Veleta	7
2.1.2.4.3.	Pluviómetro.....	7
2.1.2.5.	Sensor E – Humedad del suelo.....	8
2.1.3.	Gateway.....	8
2.1.3.1.	Especificaciones técnicas	9
2.1.3.2.	Conexiones: red mallada	9
2.1.3.3.	Posibilidades de almacenamiento y conexión.....	10
2.2.	Configuración	12
2.3.	Instalación.....	13
3.	UAV (DRON)	16
3.1.	Especificaciones técnicas	16
3.2.	Descripción de las cámaras.....	17
3.3.	Proceso de toma de datos.....	20
3.3.1.	Planificación del vuelo	21
3.3.2.	Simulación	21
3.3.3.	Toma de datos.....	22
3.3.4.	Trabajo de gabinete	24
3.3.4.1.	Procesamiento	24
3.3.4.2.	Análisis.....	24

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 5. Selección, implantación y puesta en marcha

3.4.	Cálculos matemáticos asociados	26
4.	SENSORES MULTIFUNCIÓN.....	27
4.1.	Características técnicas.....	28
4.2.	Toma de datos.....	29
4.2.1.	Calibración	29
4.2.2.	Recomendaciones en la toma de datos	29
4.2.3.	Toma de datos.....	30
4.3.	Cálculos matemáticos asociados	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nodo a instalar.	3
Figura 2. Generador de códigos.....	3
Figura 3. Sensor A.	4
Figura 4. Sensor B.	5
Figura 5. Sensor C.	5
Figura 6. Sensor D.	6
Figura 7. Anemómetro.....	6
Figura 8. Veleta	7
Figura 9. Pluviómetro.....	7
Figura 10. Sensor E.	8
Figura 11. Router A.	8
Figura 12. Red mallada.....	10
Figura 13. Posibilidades de almacenamiento.	11
Figura 14. Posibilidades de conexión.....	11
Figura 15. Sistema de gestión de datos.	12
Figura 16. Placa base de sensores en el nodo.....	13
Figura 17. Conexiones externas de los sensores en el nodo.....	13
Figura 18. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara S110 NIR.....	17
Figura 19. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara S110 RE.	18
Figura 20. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara S110 RGB.	18
Figura 21. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara multiSPEC 4C 19	
Figura 22. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara thermoMAP... 20	
Figura 23. Planificación del vuelo.....	21
Figura 24. Simulación del vuelo.....	22
Figura 25. Pantalla principal durante el vuelo.....	23
Figura 26. Opciones de control en eMotion.	23
Figura 27. Software para el procesamiento.	24
Figura 28. Selección de índices.	25

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 5. Selección, implantación y puesta en marcha

Figura 29. Mapa de índices.....	25
Figura 30. Descripción de las clases.....	26
Figura 31. Fluorómetro.....	27
Figura 32. Recomendaciones en la toma de datos (I).....	29
Figura 33. Recomendaciones en la toma de datos (II).	30
Figura 34. Recomendaciones en la toma de datos (III).	30
Figura 35. Pantalla de inicio.	30
Figura 36. Pantalla de trabajo.....	31
Figura 37. Canales de excitación y detección.....	32
Figura 38. Espectro de absorción de flavonoles y antocianinas.	33
Figura 39. Corte transversal de una hoja de vid.	33
Figura 40. Relación entre el producto del IAF · NBI y el rendimiento por pie en Pinot Noir y Chardonnay Champagne.	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sensores incluidos en el proyecto..... 4

Tabla 2. Coordenadas instalación nodos. 15

Tabla 3. Especificaciones técnicas dron. 16

Tabla 4. Características técnicas del fluorómetro..... 28

Tabla 5. Nomenclatura de las señales del fluorómetro. 31

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de este anejo se pretende exponer las características de las tecnologías seleccionadas en relación a los sensores de calidad de cultivo. Conocer los detalles de cada una de ellas facilitará su posterior implantación y puesta en marcha en la explotación.

2. RED INALÁMBRICA DE SENSORES

La red inalámbrica de sensores elegida es una solución integral con *Open Source Sensor Platform*. A continuación se describen en profundidad los elementos que la forman: nodos, sensores y Gateway.

2.1. Elementos

2.1.1. Nodos

Se instalarán nodos con 6 entradas, por lo que el número máximo de sensores que podrá leer cada uno será 6.

2.1.1.1. Especificaciones técnicas

Los nodos a instalar cuentan con las siguientes especificaciones técnicas (Figura 1):

- Robusta carcasa resistente al agua IP65
- Alimentación por placas solares integradas en la parte superior de la carcasa
- Radios disponibles: ZigBee, 802.15.4, WiFi, 868MHz, 900 MHz, LoRa, 3G/GPRS y Bluetooth de Bajo Consumo
- Programación para varios nodos a la vez *Over the air programming* (OTAP)
- Sujeciones especiales para instalaciones en exterior
- Reseteo inalámbrico externo con imán
- Conector externo de SIM para GPRS o 3G



Figura 1. Nodo a instalar. Fuente: <https://www.libelium.com/>

2.1.1.2. Programación de los nodos

Los nodos se programan conectándolos vía USB con un ordenador (Fig. 2). Previamente se deben haber descargado los códigos fuente completos de cada nodo de sensores de la página web proveedora de la solución integral.

The screenshot shows the 'Code Generator - v02' web interface. It has several sections: 'Select Model' with a dropdown for 'Smart Agriculture'; 'Sleeping Time' with a text input for '100' seconds; 'Select sensor by socket' with dropdowns for A (Temperature), B (Atmospheric), C (Soil Tempers), D (Weathermete), E (Soil moisture), and F (Soil moisture); 'Additional information' with checkboxes for 'Add Accelerometer 3 Axis data', 'Add GPS coordinates', 'Add Battery Level', and 'Add Time Stamp (RTC)'; and 'Select Communication Module' with a dropdown for 'USB (Debugging)'. A 'Generate Code' button is at the bottom right. A legend shows A, B, C, D, E, F corresponding to different sensor types.

Figura 2. Generador de códigos. Fuente: <http://www.libelium.com/>

2.1.2. Sensores

La solución comercial de los nodos incluye 6 salidas (A-F), que previamente han sido configuradas (Fig. 2). En el caso concreto del proyecto, los 6 sensores seleccionados son los que a continuación se detallan (Tabla 1):

Tabla 1. Sensores incluidos en el proyecto. Fuente: elaboración propia.

Salida	Parámetro	Sensor
A	Humedad y Temperatura	Sensor A
B	Presión atmosférica	Sensor B
C	Temperatura del suelo	Sensor C
D	Estación meteorológica (anemómetro + veleta + pluviómetro)	Sensor D
E	Humedad del suelo	Sensor E
F	Humedad del suelo	Sensor E

2.1.2.1. Sensor A – Humedad y temperatura ambiental

El Sensor A incorpora un sensor capacitivo para medir la humedad relativa y un sensor de salto de banda (*band gap*) para medir la temperatura ambiental. El sensor de temperatura y humedad (Fig. 3) tiene las siguientes características técnicas:

- Tensión de alimentación: 2,4-5,5V
- Consumo mínimo (*sleep mode*): $2\mu\text{w}$
- Consumo: 3mW
- Consumo medio: $90\mu\text{w}$
- Comunicación: digital
- Temperatura de almacenamiento: 0-80°C
- Humedad de almacenamiento: 20-60%HR

Temperatura:

- Rango de medida: -40°C - 123,8°C
- Resolución: 0,04°C (mínimo), 0,01°C (habitual)
- Precisión: $\pm 0,4^\circ\text{C}$
- Repetibilidad: $\pm 0,1^\circ\text{C}$
- Tiempo mínimo de respuesta: 5 s
- Tiempo máximo de respuesta: 30 s

Humedad:

- Rango de medida: 0-100%HR
- Resolución: 0,4%HR (mínimo), 0,05%HR (habitual)
- Precisión: $\pm 1,8\%\text{HR}$
- Repetibilidad: $\pm 0,1\%\text{RH}$
- Tiempo de respuesta: 8s

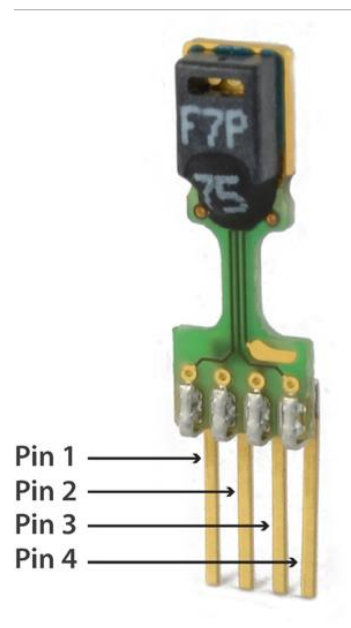


Figura 3. Sensor A. Fuente: <http://www.libelium.com/>

2.1.2.2. Sensor B – Presión atmosférica

El sensor de presión atmosférica (Fig. 4) cuenta con las siguientes especificaciones:

- Rango de medida: 15 - 115 kPa
- Señal de salida: 0,12 - 2,88 V (0-85°C)
- Sensibilidad: 46 mV/kPa
- Precisión: $<\pm 1,5\%$ V (0-85°C)
- Consumo habitual: 7 mA
- Consumo máximo: 10 mA
- Tensión de alimentación: 4,85-5,35 V
- Temperatura de trabajo: -40-125°C
- Temperatura de almacenamiento: -40-125°C
- Tiempo de respuesta: 20 ms

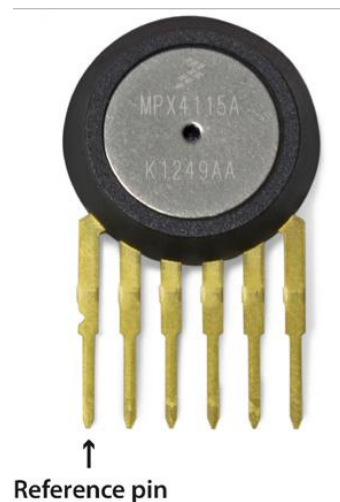


Figura 4. Sensor B. Fuente: <http://www.libelium.com/>

El sensor B convierte la presión atmosférica en un valor analógico de tensión en un rango entre 0,12V y 2,88V.

2.1.2.3. Sensor C – Temperatura del suelo

El sensor de temperatura del suelo (Fig. 5) tiene las siguientes características:

- Rango de medida: -50-300°C
- Precisión: DIN EN 60751
- Resistencia (0°C): 1000 Ω
- Diámetro: 6 mm
- Longitud: 40 mm
- Cable: 2m



Figura 5. Sensor C. Fuente: <http://www.libelium.com/>

2.1.2.4. Sensor D – Estación meteorológica

La estación meteorológica (Fig. 6) cuenta con 3 sensores: una veleta, un anemómetro y un pluviómetro, que se detallan en los siguientes apartados.



Figura 6. Sensor D. Fuente: <http://www.libelium.com/>

2.1.2.4.1. Anemómetro

El anemómetro consiste en un interruptor de láminas normalmente abierto, que se cierra por un periodo corto de tiempo, cuando los brazos del anemómetro completan una vuelta. Por lo tanto, la señal de salida es una señal digital, cuya frecuencia será proporcional a la velocidad del viento.

El anemómetro tiene las siguientes características técnicas:

- Sensibilidad: 2,4 km/h /vuelta
- Rango de velocidad del viento: 0-240 km/h
- Altura: 7,1 cm
- Longitud del brazo: 8,9 cm



Figura 7. Anemómetro. Fuente: <https://www.libelium.com/>

2.1.2.4.2. Veleta

La veleta consiste en una base que gira libremente sobre una plataforma dotada de una red de ocho resistencias conectadas a ocho interruptores que se cierran cuando el imán en la base los acciona, lo que permite distinguir hasta 16 posiciones diferentes (el equivalente a una resolución de 22,5°).

A continuación se detallan sus especificaciones técnicas:

- Altura: 8,9 cm
- Longitud: 17,8 cm
- Máxima precisión: 22,5°
- Rango de resistencia: 688 - 120 Ω



Figura 8. Veleta Fuente:
<http://www.libelium.com/>

2.1.2.4.3. Pluviómetro

El pluviómetro consiste en un pequeño recipiente que, una vez lleno, cierra un interruptor, accionando su vaciado automático. Se puede programar para obtener valores por horas o días.

El pluviómetro cuenta con las siguientes características:

- Altura: 9,05 cm
- Longitud: 23 cm
- Capacidad del recipiente: 0,28 mm de lluvia



Figura 9. Pluviómetro. Fuente:
<http://www.libelium.com/>

2.1.2.5. Sensor E – Humedad del suelo

El sensor E es un sensor de tipo resistivo, que consiste en dos electrodos de alta resistencia a la corrosión embebidos en una matriz granular bajo un bloque de yeso. El valor de la resistencia es proporcional a la tensión hídrica del suelo, un parámetro dependiente de la humedad que refleja la presión necesaria para extraer agua del suelo.

El sensor de humedad del suelo (Fig. 10) cuenta con las siguientes especificaciones:

- Rango de medida: 0-200 cb
- Rango de frecuencia: 50 - 10000Hz
- Diámetro: 22 mm
- Longitud: 76 mm
- Terminales: AWG 20



Figura 10. Sensor E. Fuente: <http://www.libelium.com/>

2.1.3. Gateway

La información recogida por los nodos se envía a un almacenamiento externo en la nube a través del router Gateway , especialmente diseñado para conectar la red de sensores con Internet a través de interfaces Ethernet, WiFi y 3G. También dispone de una función que permite recibir, almacenar y almacenar los datos en bases de datos locales y externas.



Figura 11. Router A. Fuente: <https://www.libelium.com/>

2.1.3.1. Especificaciones técnicas

El router a instalar es un router Linux que funciona como Gateway para la Red Inalámbrica de los nodos. Contiene 6 interfaces de radio: WiFi 2.4 GHz, WiFi 5GHz, 3G/GPRS, Bluetooth, Xbee y LoRa.

- Dimensiones: 210 x 175 x 50 mm
- Peso: 1,2 kg
- Carcasa de aluminio IP65
- Procesador: 500 MHz (x86)
- Memoria RAM: 256 MB (DDR)
- Memoria de disco: 8 GB
- Potencia: 5W (18V)
- Fuente de alimentación: POE (*Power Over Ethernet*), batería con paneles solares (DC - 12V)
- Rango de temperaturas: -20°C / 50°C
- Alcance: 7 km

2.1.3.2. Conexiones: red mallada

Ya que el proyecto abarca 48,4 ha será necesario recurrir a una red mallada de conexiones para asegurar que los flujos de información se mantienen en el tiempo y en el espacio.

Esto implica que se necesitan interconectar varios nodos para poder compartir un recurso común, como puede ser Internet. Así, los nodos sensores conectados vía ZigBee pueden enviar información a través de Internet a un tercer nodo que esté más alejado. En esta conexión híbrida ZigBee-WiFi se recurre a la instalación de dos tipos de router:

- Un router A central 3G/GPRS, que comparte su conexión a Internet con los otros nodos de la red y que actúa como gateway.
- Dos router B XBee, que permiten conectar los nodos de sensores vía XBee, WiFi o Internet (Ethernet), y crean enlaces con otros nodos a través de una conexión WiFi que opera en la banda de 5GHz. Los usuarios también se pueden conectar a través de WiFi 2.4GHz para controlar y acceder a los datos de los sensores.

A continuación se recoge un esquema de la red mallada (Fig. 12):

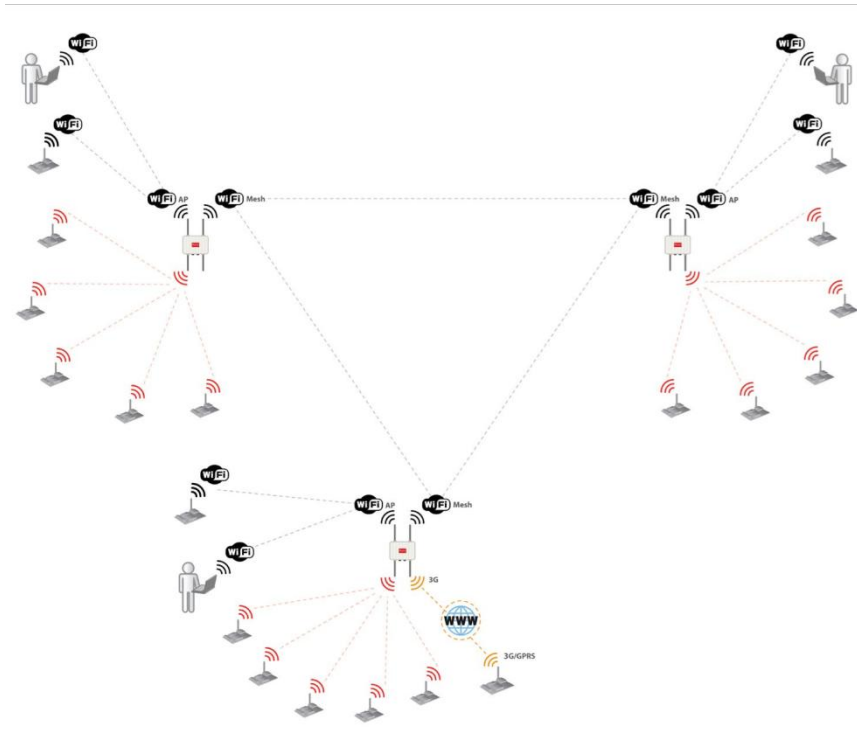


Figura 12. Red mallada. Fuente: <http://www.libelium.com/>

2.1.3.3. Posibilidades de almacenamiento y conexión

Con la función anteriormente comentada e incorporada en el router 3G/GPRS AP se ofrecen cuatro posibilidades de gestión de los datos obtenidos por los sensores (Figs. 13 y 14)

- Almacenar los datos de los sensores en la base local de datos del proveedor de la solución integral
- Almacenar los datos de los sensores en una base de datos externa
- Enviar la información usando Ethernet o conexión WiFi
- Enviar la información usando una conexión 3G/GPRS

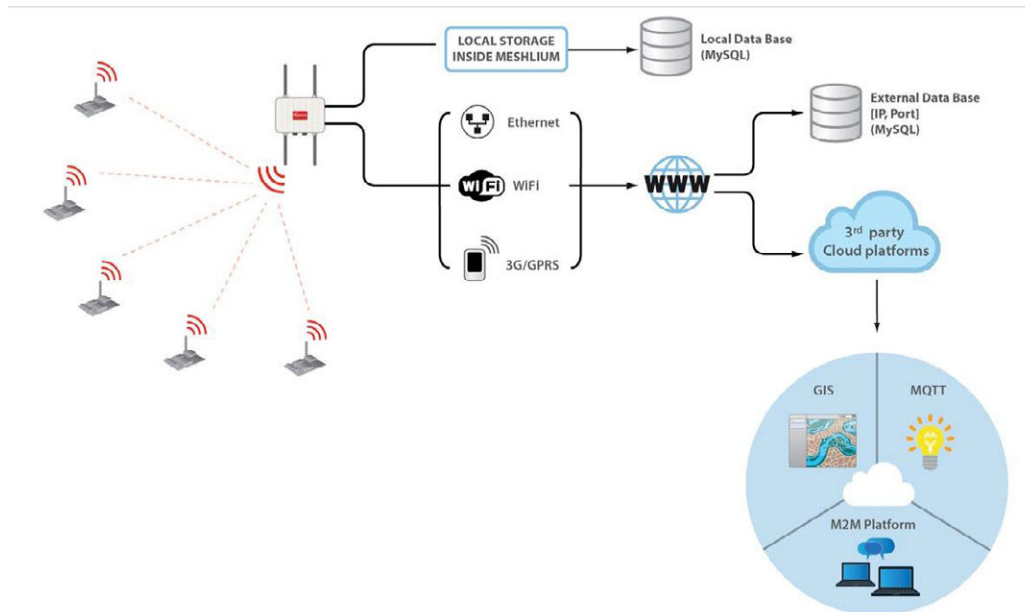


Figura 13. Posibilidades de almacenamiento. Fuente: <http://www.libelium.com/>

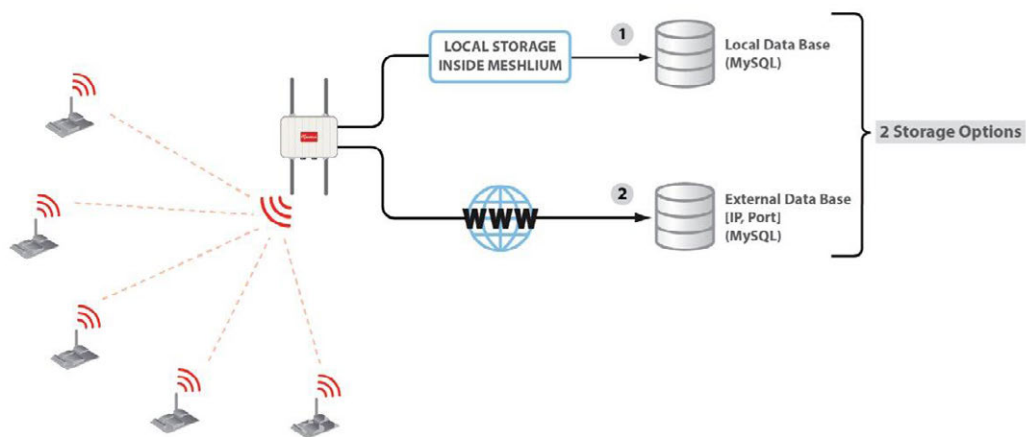


Figura 14. Posibilidades de conexión. Fuente: <https://www.libelium.com/>

Una vez que se ha configurado el router con la red inalámbrica de nodos, se puede acceder al sistema de gestión de datos propio de la empresa proveedora de la solución integral (<http://10.10.10.1/ManagerSystem>) (Fig. 15).

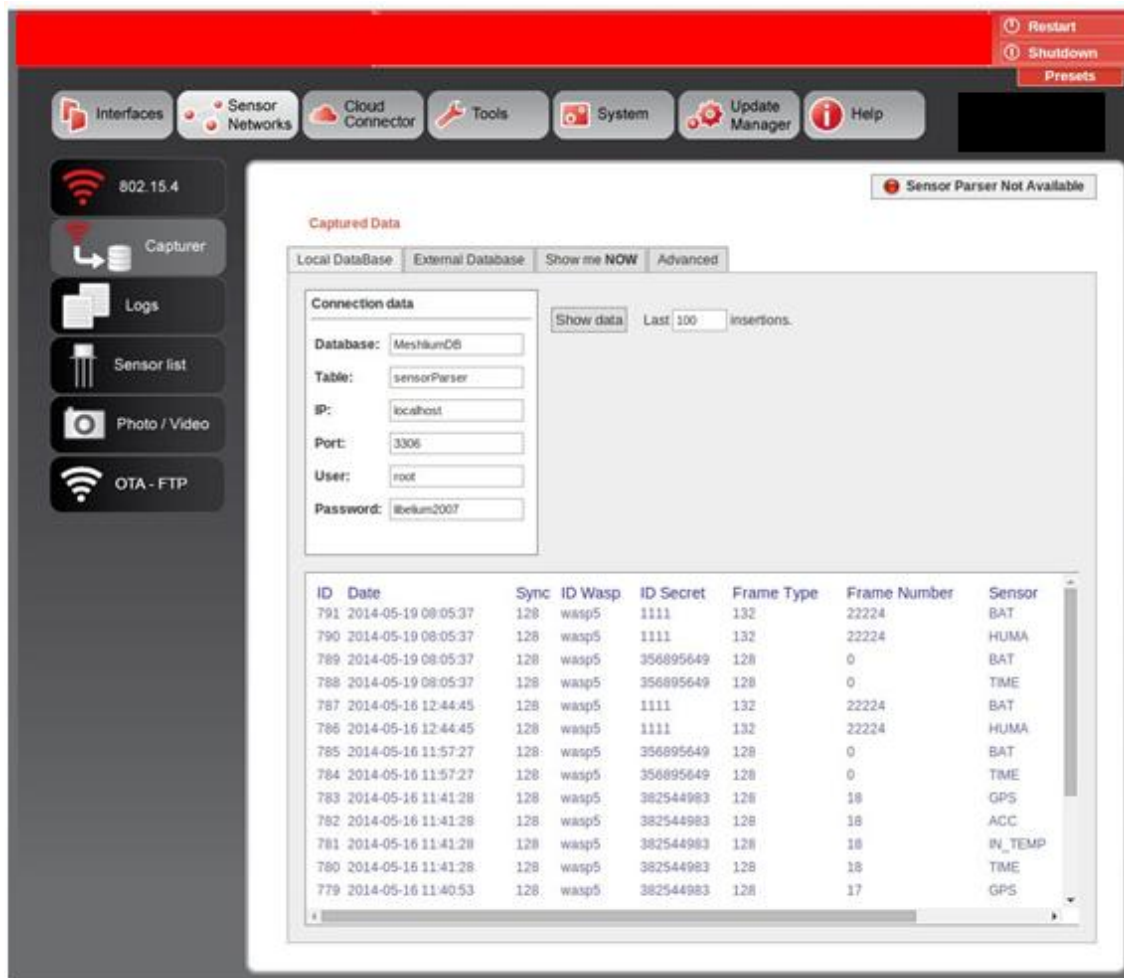


Figura 15. Sistema de gestión de datos. Fuente: <http://www.libelium.com/>

2.2. Configuración

Cada sensor tiene una o varias clavijas hembras correspondientes en la placa de los sensores en el nodo (Fig. 16). Después habrá que conectar las entradas de acuerdo a lo expuesto en la tabla 1 y figura. 17.

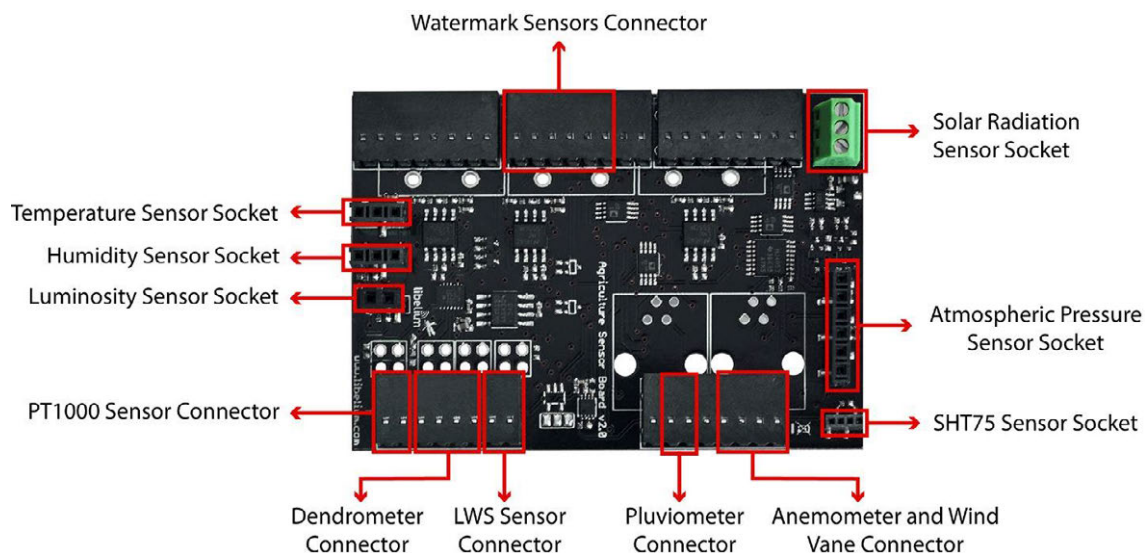


Figura 16. Placa base de sensores en el nodo. Fuente: <http://www.libelium.com/>

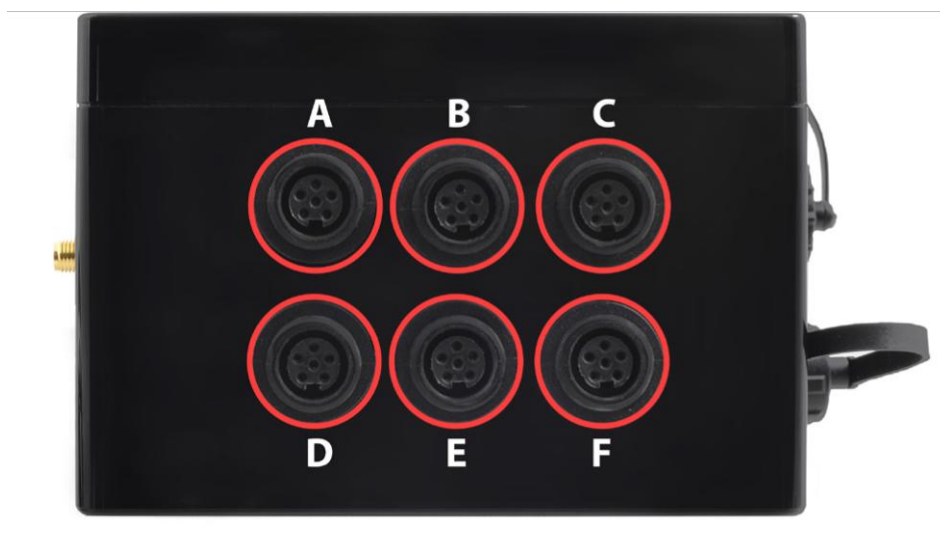


Figura 17. Conexiones externas de los sensores en el nodo. Fuente: <http://www.libelium.com/>

2.3. Instalación

- Se instalará 1 nodo por hectárea con 5 salidas conectadas, dejando libre la salida D (estación meteorológica). Irán instalados sobre postes de aluminio de 5 cm de diámetro a una altura de 1,75 m sobre el nivel del suelo y se engancharán con bridas, orientados a 45° para asegurar el máximo rendimiento de las placas solares.
- Se instalarán un total de 2 nodos con las 6 salidas conectadas. Irán instalados sobre postes de aluminio de 5 cm de diámetro a una altura de 1,75 m sobre el nivel del suelo y se engancharán con bridas, orientados a 45° para asegurar el máximo rendimiento de las placas solares. La estación meteorológica se instalará a 2,15 m sobre el nivel del suelo, para asegurar que los datos obtenidos

corresponden al ambiente y para evitar posibles interferencias con la masa vegetativa.

En ambos casos, el sensor de humedad de suelo con salida E se instalará a 30 cm y el de la salida F a 60 cm, para asegurar así una cobertura total de la masa radicular de las plantas.

Concretamente, los nodos se instalarán en las coordenadas indicadas en la tabla 2. Los dos nodos que llevarán conectada la salida de la estación meteorológica están marcados con un asterisco. Se puede encontrar la ubicación dentro de las parcelas en los planos nº4 y nº5.

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo
Anejo 5. Selección, implantación y puesta en marcha

Tabla 2. Coordenadas instalación nodos. Fuente: elaboración propia.

Nodo	Coordenada X	Coordenada Y
1	462.720.19	4.345.648.28
2	462.660.88	4.345.660.88
3	462.570.01	4.345.601.06
4	462.462.48	4.345.570.23
5	462.373.61	4.345.566.97
6	462.338.88	4.345.659.33
7	462.357.85	4.345.755.12
8	462.263.58	4.345.785.07
9	462.317.91	4.345.918.03
10	462.184.81	4.345.957.39
11	462.139.02	4.346.058.79
12	462.233.46	4.346.065.71
13	462.291.34	4.346.166.83
14	462.416.47	4.346.011.35
15	462.725.91	4.346.070.72
16	462.402.66	4.345.834.42
17	462.521.30	4.345.867.04
18*	462.615.82	4.345.888.71
19	462.684.55	4.345.938.16
20	462.791.66	4.345.883.95
21	462.860.57	4.345.970.28
22	463.027.19	4.345.971.23
23	462.426.31	4.345.748.33
24	462.580.15	4.345.784.93
25	462.720.99	4.345.815.61
26	462.919.32	4.345.866.29
27	462.628.43	4.346.203.24
28	462.721.09	4.346.224.92
29	462.806.89	4.346.360.95
30	462.953.27	4.346.389.75
31	463.077.80	4.346.496.09
32	463.055.08	4.346.333.63
33	463.125.14	4.346.329.71
34	463.160.00	4.346.263.17
35	462.977.00	4.346.319.35
36	463.039.63	4.346.252.68
37	462.834.47	4.346.320.02
38	463.185.36	4.346.145.05
39	463.312.69	4.346.059.64
40	463.339.97	4.345.956.26
41	463.138.61	4.346.045.71
42	463.251.06	4.345.945.62
43	463.092.58	4.346.099.40
44	463.063.34	4.346.178.82
45	462.990.74	4.346.094.35
46*	462.956.16	4.346.218.04
47	462.846.49	4.346.124.53
48	462.820.91	4.346.194.72
49	462.782.46	4.346.283.40

3. UAV (DRON)

3.1. Especificaciones técnicas

El dron elegido cuenta con las siguientes especificaciones técnicas en cuanto a hardware y funcionamiento (Tabla 3):

Tabla 3. Especificaciones técnicas dron. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

Hardware	
Peso (incluida la cámara suministrada)	710 g
Envergadura	96 cm
Material	Estructura de polipropileno expandido (EPP), estructura de carbono y partes de material compuesto
Propulsión	Hélice propulsora eléctrica, motor sin escobillas de CC y 160W
Batería	11,1 V, 2150 mAh
Cámara (incluida)	S110 NIR de 12 MPx
Cámaras (optativas)	S110 RE, S110 RGB, multiSPEC 4C, thermoMAP
Dimensiones de la caja de transporte	55 x 45 x 25 cm
Funcionamiento	
Autonomía de vuelo	45 minutos
Velocidad de crucero nominal	40-90 km/h
Alcance de la conexión de radio	Hasta 3 km
Cobertura máxima (un solo vuelo)	1.000 ha (a 974 m/3.195 pies de altitud AGL)
Resistencia al viento	Hasta 45 km/h
Tamaño de pixel (GSD)	Hasta 2 cm por píxel
Precisión relativa de ortomosaico/modelo 3D	1-3x GSD
Precisión absoluta horizontal/vertical (con GCP)	Hasta 4cm/7cm
Precisión absoluta horizontal/vertical (sin GCP)	1-5 m
Manejo de varios drones	Sí (incluido el sistema de autocolisiones)
Planificación de vuelo 3D automática	Sí
Precisión de aterrizaje lineal	5 m aprox.

3.2. Descripción de las cámaras

El dron elegido puede montar cinco tipos de cámaras en función de los objetivos del vuelo:

- 1) S110 NIR 12 MPx. Obtiene datos de imagen en la banda infrarroja cercana (NIR), así como en el verde y en el rojo (Fig. 18). Los parámetros de exposición pueden ajustarse manualmente y sus archivos RAW son totalmente compatibles con el software del dron. Se puede emplear para obtener índices de vegetación (NVDI), supervisión del crecimiento, identificación de cultivos y determinación del índice de área foliar.

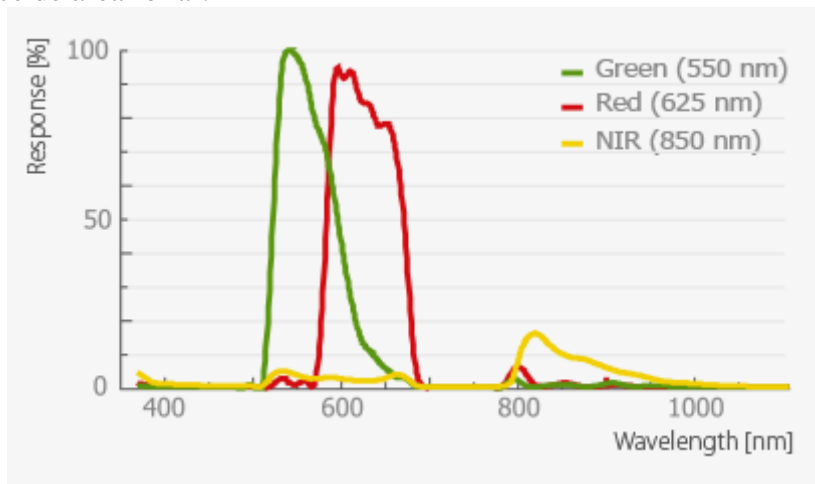


Figura 18. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara S110 NIR. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

En cuanto a sus especificaciones técnicas:

- Resolución: 12 MPx
 - Resolución espacial a 100m : 3,5 cm/pix
 - Dimensiones del sensor: 7,44 x 5,58 mm
 - Tamaño mínimo del píxel: 1,33 μ m
 - Formato de imagen: JPEG, RAW
- 2) S110 RE 12 MPx. Obtiene datos de imagen en la banda roja (Red Edge), azul y verde (Fig. 19). Los parámetros de la S110 RE también pueden ajustarse manualmente y sus archivos RAW son totalmente compatibles con el software del dron. Entre sus aplicaciones destacan la evaluación del estrés de los cultivos, los niveles de concentración de clorofila, análisis de senescencia y evaluación de sequías.

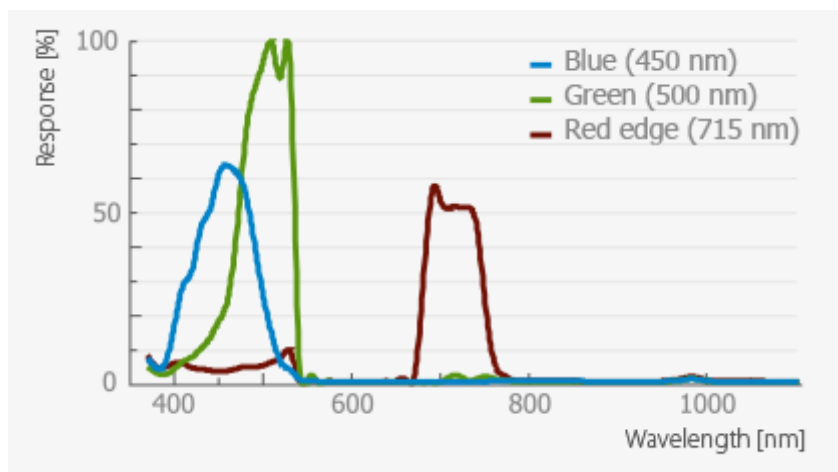


Figura 19. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara S110 RE. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

En cuanto a sus especificaciones técnicas:

- Resolución: 12 MPx
 - Resolución espacial a 100m : 3,5 cm/pix
 - Dimensiones del sensor: 7,44 x 5,58 mm
 - Tamaño mínimo del píxel: 1,33 μ m
 - Formato de imagen: JPEG, RAW
- 3) S110 RGB de 12 MPx. Obtiene datos normales de imagen en el espectro visible, en las bandas verde, roja y azul (Fig. 20). Como en los modelos anteriores, los parámetros de exposición pueden ajustarse manualmente y sus archivos RAW son totalmente compatibles con el software del dron. Se puede usar para renderizados visuales en 3D y 2D en color real, mediciones de la clorofila y evaluación de drenajes.

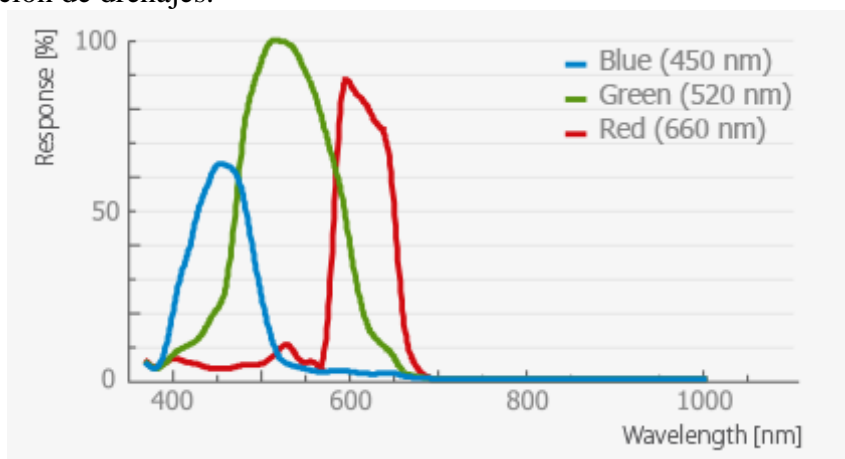


Figura 20. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara S110 RGB. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

En cuanto a sus especificaciones técnicas:

- Resolución: 12 MPx
 - Resolución espacial a 100m : 3,5 cm/pix
 - Dimensiones del sensor: 7,44 x 5,58 mm
 - Tamaño mínimo del píxel: 1,33 μ m
 - Formato de imagen: JPEG, RAW
- 4) multiSPEC 4C. Contiene cuatro sensores distintos de 1,2 MPx que se controlan mediante el piloto automático del dron. Estos sensores obtienen datos a través de cuatro bandas muy precisas (verde, rojo, rojo lejano y NIR, Fig. 21) y cada uno de ellos presenta un obturador global que permite obtener imágenes de gran nitidez y sin distorsión. Ejemplos de aplicaciones: índice de biomasa, índice de área foliar, recomendaciones de nitrógeno y fenología.

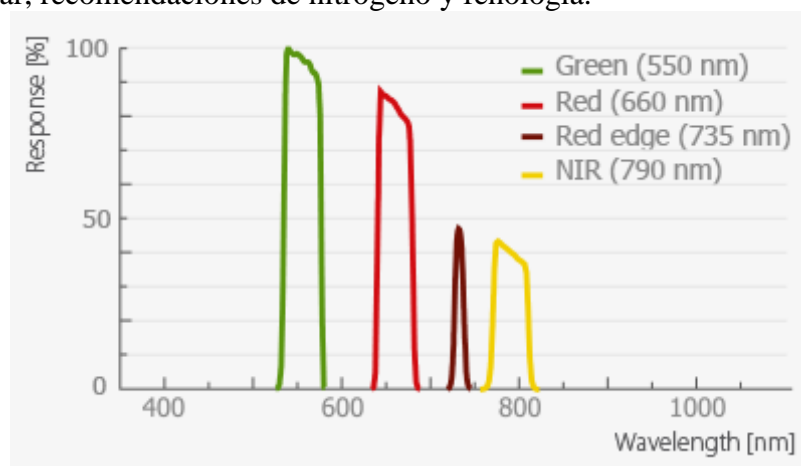


Figura 21. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara multiSPEC 4C. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

En cuanto a sus especificaciones técnicas:

- Resolución: 4 sensores de 1,2 MPx
 - Resolución espacial a 100m : 10 cm/pix
 - Dimensiones del sensor: 4,8 x 3,6 mm por sensor
 - Tamaño mínimo del píxel: 3,75 μ m
 - Formato de imagen: RAW
- 5) thermoMAP. Con esta cámara se pueden capturar imágenes fijas o vídeos térmicos (Fig. 22). Se puede emplear para gestión de la distribución del agua en la parcela, comprobaciones relacionadas con el riego y como un método alternativo para el análisis del estrés de las plantas.

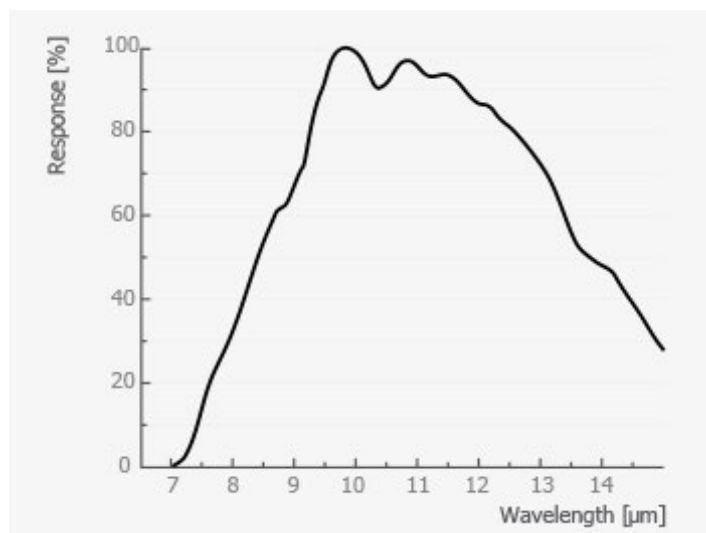


Figura 22. Respuestas para diferentes longitudes de onda de la cámara thermoMAP. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

En cuanto a sus especificaciones técnicas:

- Tamaño de la imagen: 640 x 512 pixels
- Resolución espacial a 75m: 14 cm/px
- Temperatura de la escena: -40°C a 160°C
- Resolución de temperatura: 0,1°C
- Calibración de temperatura: automática, en vuelo
- Formatos de salida: imágenes TIFF y video mp4
- Peso: 134 g
- Altitud de operación: 75 - 150 m

3.3. Proceso de toma de datos

El dron cuenta con su propio software para la planificación y control del vuelo (disponible para PC Windows 7 y posteriores y para Tablet Windows Pro 8.1 y posteriores) y para el análisis de los datos recogidos durante el vuelo (disponible para PC Windows 7 y posteriores).

Dadas las restricciones impuestas en el nuevo marco regulatorio temporal para las operaciones con drones (BOE del viernes 17 de octubre de 2014), se deben cumplir una serie de requisitos a la hora de efectuar vuelos con drones con pesos inferiores a los 2 kg al despegue:

- Antes de realizar cualquier operación, es necesario pedir a los Servicios de Información Aeronáutica la emisión de un NOTAM, es decir, un aviso al resto de los usuarios del espacio aéreo de dónde y cuándo va a volar.
- El dron podrá volar más allá del alcance visual del piloto, aunque tendrá que hacerlo dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control.
- Sólo podrá alcanzar una altura máxima de 400 pies (120 m)

Además, para poder realizar los vuelos es necesario un operario con un certificado básico o avanzado, emitido por una organización de formación aprobada (ATO), tras haber superado un curso al efecto.

3.3.1. Planificación del vuelo

Es necesario importar un mapa base de la zona en formato KML o TMS y delimitar el área que se quiere evaluar. A continuación hay que definir la resolución requerida del terreno, con una GSD de hasta 2 cm por píxel, y la superposición de la imagen.

Una vez que se han introducido estos datos, el software para la planificación del vuelo genera automáticamente a partir de algoritmos un plan de vuelo completo calculando la altitud necesaria del dron y mostrando la trayectoria prevista (Fig. 23).



Figura 23. Planificación del vuelo. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

3.3.2. Simulación

El simulador permite conocer de antemano la posición y el tamaño de las imágenes que se capturarán durante el vuelo. También se pueden hacer simulaciones con diferentes velocidades y direcciones de viento (Fig. 24).



Figura 24. Simulación del vuelo. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

3.3.3. Toma de datos

Una vez que el dron ya esté tomando los datos, el software muestra los parámetros de vuelo, el nivel de batería y el progreso en tiempo real de la adquisición de imágenes (Fig. 25). En la zona principal del mapa aparece la posición actual del dron, con un cuadro que recoge información sobre la dirección y la velocidad del viento, medidas por el dron. También aparece otro cuadro con información propia del dron, como su posición actual, el nivel de batería, el tiempo de vuelo y la altitud. En la barra de herramientas de la derecha también se pueden controlar otros parámetros del dron, como tomar fotografías extra o reanudar misiones de vuelo que hubieran sido interrumpidas. Además, el software puede recibir y procesar correcciones de estaciones RTK.

En el caso de que hubiera vientos extremos o baja batería, aparecería un mensaje de aviso en la pantalla principal.

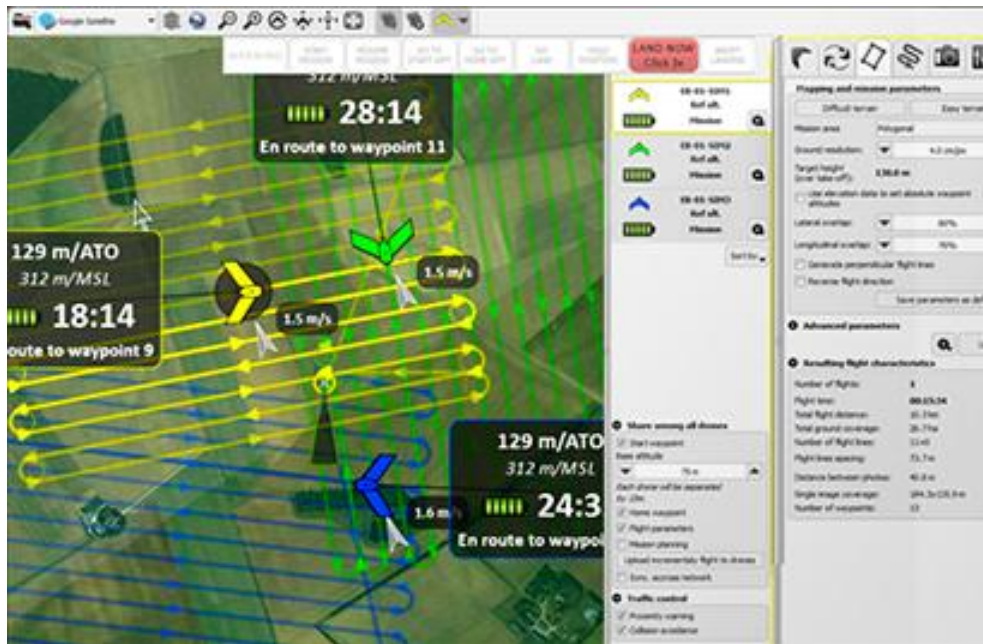


Figura 25. Pantalla principal durante el vuelo. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

La barra de control que aparece en la parte superior permite reconfigurar el plan de vuelo y el lugar de aterrizaje durante el vuelo (Fig. 26). También permite poner al dron en pausa y abortar un aterrizaje. Aun así, el dron aterriza de forma automática si no se le ordena lo contrario una vez ha acabado su vuelo programado.



Figura 26. Opciones de control en eMotion. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

3.3.4. Trabajo de gabinete

3.3.4.1. Procesamiento

Una vez que el dron ha aterrizado, a través del software disponible se puede generar en campo un mapa de baja resolución de NVDI, para hacer una rápida evaluación in situ de aquellos puntos que pudiesen resultar significativos en un posterior análisis.

El trabajo de gabinete comienza con el procesado completo de las imágenes obtenidas en el vuelo, con el software disponible a tal efecto. Con esta herramienta se pueden generar mapas de reflectancia, ortomosaicos 2D georreferenciados y modelos digitales de terrenos en 3D (Fig. 27).

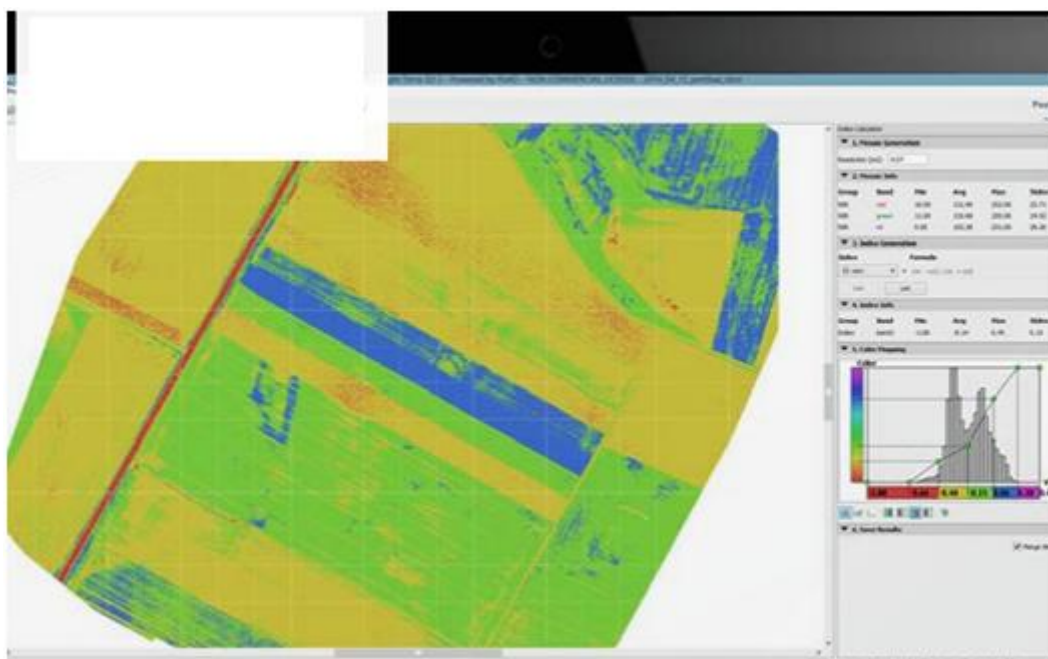


Figura 27. Software para el procesamiento. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

3.3.4.2. Análisis

Una vez creado el mapa, se debe elegir entre los índices de vegetación que el programa ofrece el que se desee analizar, y aplicar el algoritmo a las regiones creadas en el mapa anteriormente (Fig. 28). La calculadora de índices del programa de procesamiento incluye de serie el NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*), el SAVI (*Soil Adjusted Vegetative Index*) y el MSR (*Modified Simple Ratio*), aunque también se pueden añadir fórmulas personalizadas.

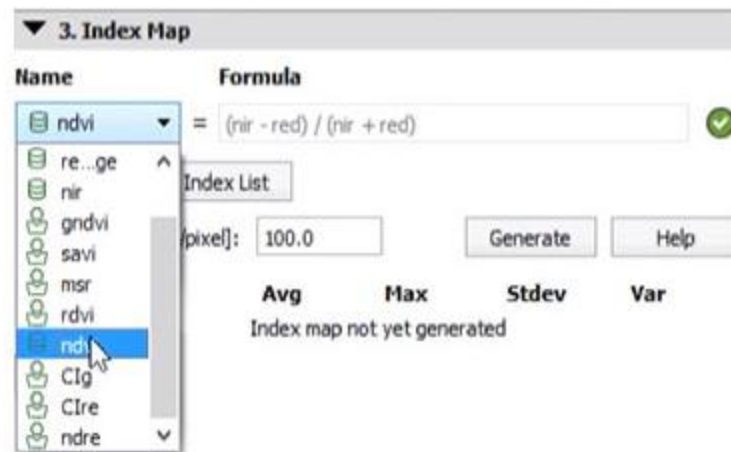


Figura 28. Selección de índices. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

La calculadora de índices muestra los resultados de forma visual, en un mapa de índices, que divide cada región en cinco clases de valores para facilitar su diferenciación (Fig. 29).

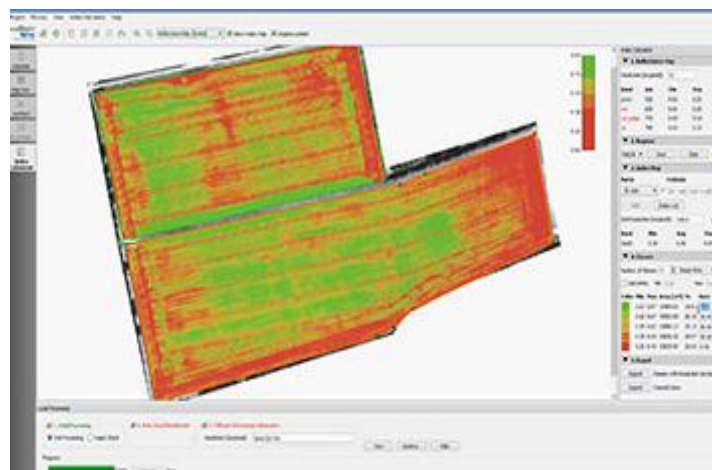


Figura 29. Mapa de índices. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

Las clases pueden incluir, además de la leyenda de colores, una breve descripción, que puede estar referida a la cantidad de fertilizante, pesticida o herbicida que se recomendará aplicar en cada una de las zonas (Fig. 30).

4. Classes

Number of Classes: 5 Equal Area Help

☐ Use Limits: Min 0.00 Max 0.00






Color	Min	Max	Area [m²]	%	Rate	Description
	0.67	0.87	15484.62	19.61	0.00	Do not apply
	0.62	0.67	15905.00	20.15	30.00	Spray moderately
	0.54	0.62	15880.12	20.12	40.00	Apply lots
	0.42	0.54	15845.25	20.07	50.00	Apply most
	0.06	0.42	15829.00	20.05	0.00	Do not apply

Figura 30. Descripción de las clases. Fuente: <https://www.sensefly.com/>

Una vez finalizado el trabajo de gabinete, se puede exportar el archivo en formato de datos de puntos (*shapefile*) al monitor del tractor, al sistema de gestión de la información de agronomía pertinente o enviarlo por e-mail.

3.4. Cálculos matemáticos asociados

El NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*) es el índice más extendido dentro de los índices de vegetación para estimar el vigor vegetativo y la cantidad de biomasa. Se calcula a partir de la diferencia entre la reflectancia de la vegetación en el infrarrojo y el rojo, y sus valores oscilan entre 0 y 0,99:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Una planta que esté en buenas condiciones nutricionales crecerá vigorosamente, tendrá una baja reflectancia en la luz roja y una alta reflectancia en el infrarrojo cercano, por lo que tendrá altos valores de NDVI.

El NDVI presenta la ventaja de eliminar el efecto de las sombras, ya que un efecto en sombra verá reducida su reflexión de la luz en la misma medida a lo largo de todo el espectro.

4. SENSORES MULTIFUNCIÓN

El sensor escogido es un fluorómetro portátil que permite realizar medidas sin contacto directo con la planta de forma no destructiva y en tiempo real (Fig. 31). Permite realizar medidas de clorofila y polifenoles (antocianina y flavonoles), para poder calcular los siguientes índices:

- SFR (*Simple Fluorescence Ratio*), índice de clorofila. Este índice varía entre 0 y 3, y se debe tener en cuenta que en el haz los niveles de clorofila son mayores que en el envés.
- FLAV, índice de flavonoles. Este índice varía entre 0,5 y 2, y se debe tener en cuenta que en el haz los niveles de flavonoles son mayores que en el envés, ya que la luz UV induce la presencia de los flavonoles.
- NBI[®] (*Nitrogen Balance Index*), indicador de la deficiencia de nitrógeno
- ANTH, índice de antocianinas. Este índice varía entre -0,2 y 1,5. En ausencia de antocianinas, ANTH es inversamente proporcional al contenido en clorofila.
- Índice Ferari[®], índice de maduración de uvas tintas

El fluorómetro incluye también un GPS interno para mapear y geolocalizar los datos obtenidos en campo.

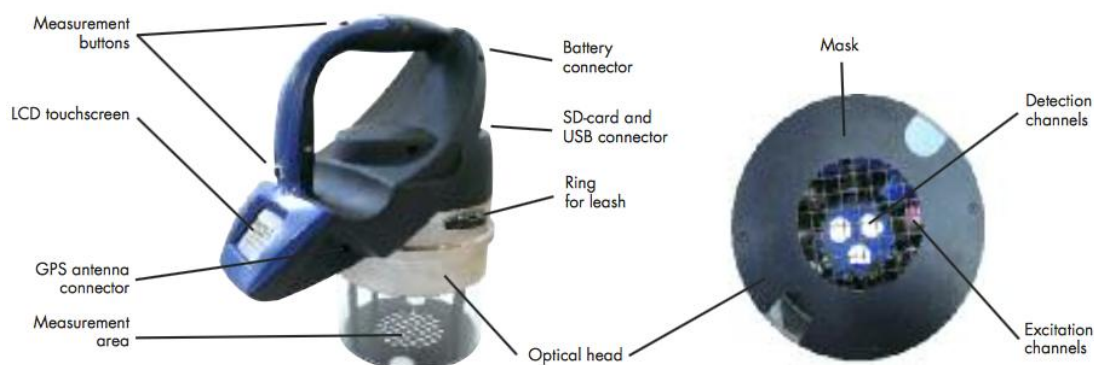


Figura 31. Fluorómetro. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

4.1. Características técnicas

El sensor multifunción cuenta con las siguientes características técnicas (Tabla 4):

Tabla 4. Características técnicas del fluorómetro. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

Material sobre el que se puede hacer la medida	Cualquier material vegetal: hojas, acículas, bayas frutos y semillas
Parámetros a medir	12 señales de fluorescencia SFR_R y SFR_G: índices de clorofila FLAV: índice de flavonoles NBI®: estado nutricional del nitrógeno, ratio SFR/FLAV ANTH: índice de antocianinas Se pueden personalizar las señales medidas por el fluorómetro
Forma de realizar las medidas	Presionar en uno de los dos botones principales
Zona abarcable por medida	50 cm ² (diámetro de 8cm), 28 cm ² (diámetro de 6cm) o 12,5 cm ² (diámetro de 4cm)
Tiempo de adquisición	1 medida < 1 s
Capacidad de almacenamiento	1 millón de medidas multiparamétricas (Tarjeta SD 512M)
Modos de medida	Individual o en modo continuo
Clasificación de datos	4 niveles (archivo, grupo, muestra o número de medida)
Rango de temperaturas	5-45°C
Canales de luz	LED (Funcionamiento a pulsos) 4 canales de excitación: UV, azul, verde y rojo
Detectores	Fotodiodos de silicón 3 canales de detección: amarillo o azul, rojo e infrarrojo cercano
Interfaz del usuario	Pantalla táctil LCD de 3,2" con alertas de sonido
Descarga de datos	Tarjeta SD/Conexión USB para la transmisión de datos en modo continuo Datos compatibles con cualquier software de procesamiento de datos
Batería	Batería externa recargable de Li-ion
Autonomía de la batería	10 horas
Tiempo de carga	3 horas
Peso total	2,5 kg (sin batería)
Tamaño	340 x 280 x 170 mm
Posicionamiento	GPS interno
Precisión relativa	< 2,5 m (CEP, 50%, estático 24h)
Idiomas	Inglés, Francés, Español y Alemán
Seguridad	Cinta de seguridad

4.2. Toma de datos

El día de la toma de datos se debe seguir el procedimiento que se detalla en este apartado para asegurar un correcto funcionamiento del fluorómetro.

4.2.1. Calibración

Cada día que se vaya a realizar una medida con el fluorómetro usando la banda azul hay que calibrar el fluorómetro con el azul estándar incluido en la guía que ofrece el fabricante para calibraciones.

4.2.2. Recomendaciones en la toma de datos

A la hora de tomar los datos, tanto si son individuales como si son de forma continua, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se pueden realizar medidas bajo cualquier condición meteorológica, pero no se debe apuntar directamente con fluorómetro hacia el Sol
- Medir hojas que sean de la misma edad aproximadamente
- Intentar, en la medida de lo posible, cubrir la mayor parte de la apertura con las hojas
- Acercarse lo más posible a las hojas (Fig. 32)



Figura 32. Recomendaciones en la toma de datos (I). Fuente: <http://www.force-a.eu/>

- Cuando se vayan a realizar medidas sobre frutos, también hay que asegurar que el área de medida es cubierta en su mayoría por éstos.
- Cuando se vayan a realizar medidas sobre frutos, siempre se debe intentar mantener la misma distancia entre el fluorómetro y el fruto. Es recomendable que el fruto quede situado enfrente de fluorómetro (Fig. 33)

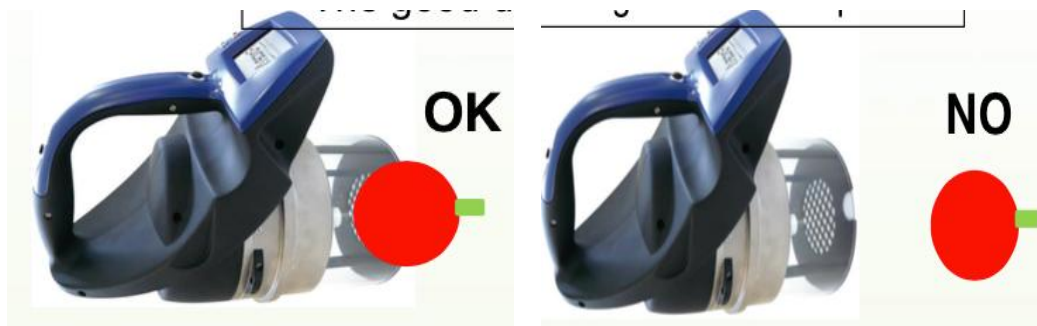


Figura 33. Recomendaciones en la toma de datos (II). Fuente: <http://www.force-a.eu/>

- Cuando se vayan a realizar medidas sobre frutos, se debe tener cuidado con la posición del pedicelo, ya que al tener mayores niveles de clorofila pueden afectar directamente a las medidas tomadas (Fig. 34)



Figura 34. Recomendaciones en la toma de datos (III). Fuente: <http://www.force-a.eu/>

4.2.3. Toma de datos

Al encender el fluorómetro para realizar una medida aparece la siguiente pantalla (Fig. 35):

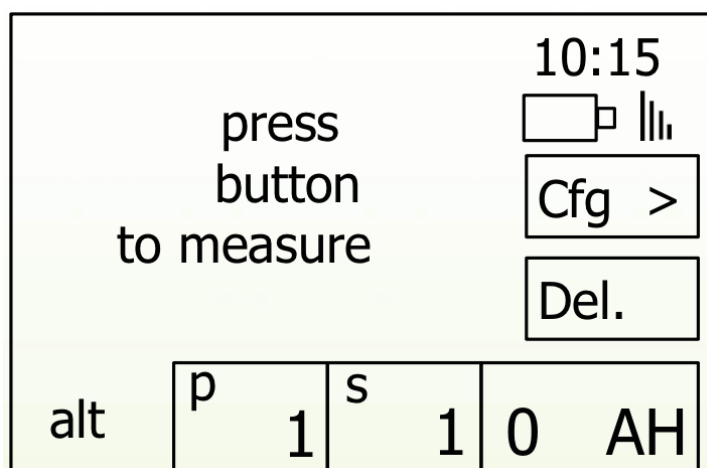


Figura 35. Pantalla de inicio. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

Durante la toma de datos aparecen los siguientes datos en la pantalla táctil LCD (Fig. 36):

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 5. Selección, implantación y puesta en marcha

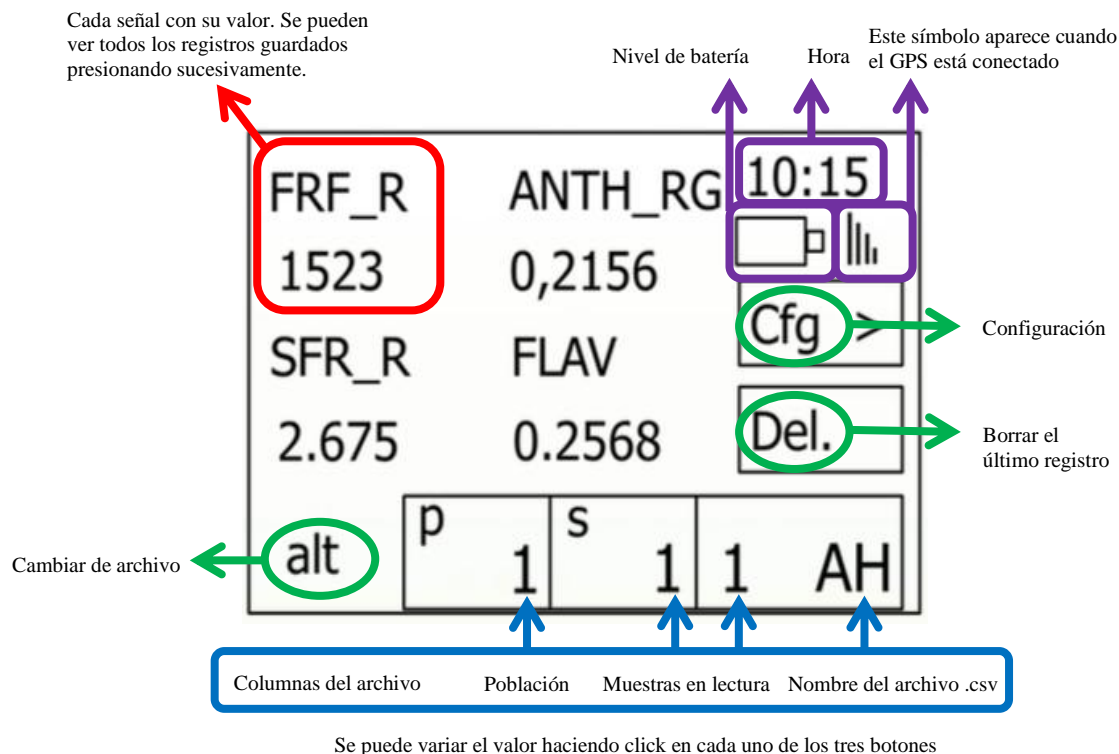


Figura 36. Pantalla de trabajo. Fuente: elaboración propia a partir de <http://www.force-a.eu/>

Los datos se guardan en la tarjeta SD en formato .csv. El nombre del archivo creado se define como YYMMDDXX, donde:

- YY: año
- MM: mes
- DD: día
- XX: dos letras que se corresponden con el nombre del archivo (tal y como aparece en la esquina inferior derecha)

4.3. Cálculos matemáticos asociados

La nomenclatura de las señales del sensor multifunción es la siguiente (Tabla 5):

Tabla 5. Nomenclatura de las señales del fluorómetro. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

Emission (nm)	Excitation (nm)			
	UV (373)	Blue (B) (470)	Green (G) (516)	Red-orange (R) (635)
YF (590)	YF_UV	YF_B ^a	YF_G ^a	YF_R ^a
RF (685)	RF_UV	RF_B	RF_G	RF_R
FRF (735)	FRF_UV	FRF_B	FRF_G	FRF_R

En la tabla anterior se define la matriz de emisión-excitación mediante las abreviaturas de su color de emisión separado por la abreviatura de su color de excitación: fluorescencia en amarillo (*yellow*, YF), rojo (*red*, RF) y rojo lejano (*far-red*, FRF), excitados por la luz ultravioleta (*ultraviolet*, _UV), azul (*blue*, _B), verde (*green*, _G) o roja (*red*, _R). La longitud de onda media de cada color aparece entre paréntesis.

En la figura 37 se pueden observar los canales de excitación y detección:

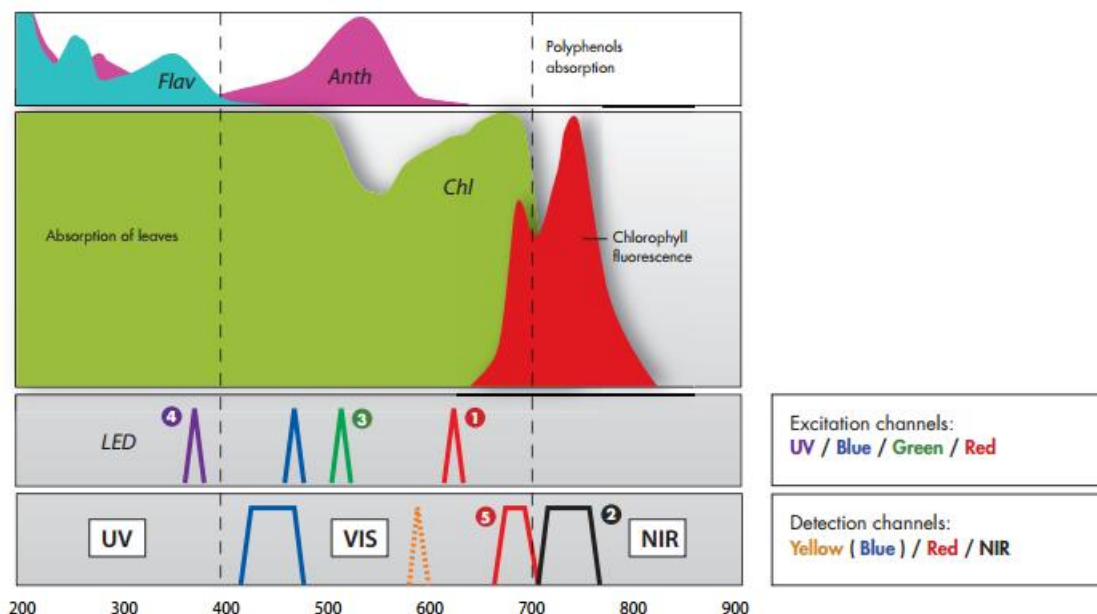


Figura 37. Canales de excitación y detección. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

A continuación se describen en profundidad los índices que se pueden estimar con el uso del fluorómetro elegido.

• SFR (*Simple Fluorescence Ratio*)

La clorofila es el principal pigmento captador de luz, y se encuentra en los cloroplastos de las células del mesófilo de la planta. Interviene en la fotosíntesis, interceptando la energía luminosa para transformar el CO₂ en moléculas orgánicas.

El SFR está relacionado directamente con el contenido de clorofila a y b en la superficie de la hoja, y sus valores oscilan entre 0 y 3. El SFR se corresponde al ratio entre la fluorescencia de la clorofila en el infrarrojo (FRF) y en el rojo (RF). Debido a la superposición de los espectros de absorción y emisión de la clorofila, la reabsorción se produce en mayor medida en longitudes de onda más corta (rojo). A la hora de realizar las medidas, se debe tener en cuenta que en el haz los niveles de clorofila son mayores que en el envés.

Entre sus aplicaciones destaca la identificación de áreas con altas concentraciones de clorofila, que son señal de mayor potencial fotosintético, así como así como la detección de zonas con bajos niveles de clorofila, que pueden estar asociados a clorosis mineral o a la presencia de un fitopatógeno que esté afectando al desarrollo de la planta.

- **FLAV (Índice de flavonoles)**

Los flavonoles son pigmentos amarillos, detectables a 385 nm (Fig. 38) y, al igual que las antocianinas, influyen sobre el color del vino. Comparten con las proteínas un precursor común, el aminoácido fenilalanina. Los flavonoles se sintetizan inicialmente para proteger a las hojas jóvenes de la radiación UV, por lo que la intensidad luminosa representa un factor de variabilidad: una alta intensidad de luz provoca un alto contenido de flavonoles y un aumento en el espesor de la hoja. Esto hace que las hojas más expuestas a la luz sean más resistentes a los ataques de fitopatógenos.

Se encuentran en la epidermis de las hojas y de las bayas, en sus formas glicosadas: kaempferol, quercetina, miricetina y derivados.

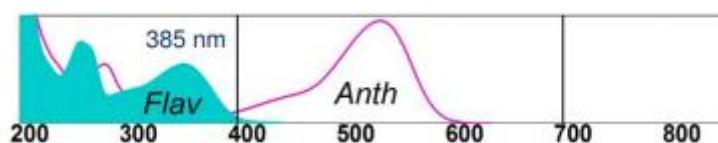


Figura 38. Espectro de absorción de flavonoles y antocianinas. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

Al estar localizados en las cutículas o en las vacuolas de las células epidérmicas, actúan como pantalla en la excitación de la clorofila. Una primera longitud de onda de referencia (rojo) no absorbida por los flavonoles penetra por la epidermis, lo que permite medir una fracción de la fluorescencia roja de la clorofila (FRF_R). Después se barre con una segunda longitud de onda específica para flavonoles (UV, 385 nm), que atraviesa la epidermis superior, generando la fluorescencia roja de la clorofila (FRF_UV). El contenido de flavonol de las hojas se obtiene por comparación entre las dos intensidades medidas, y sus valores oscilan entre 0,5 y 2:

$$\text{FLAV} = \log \frac{\text{FRF}_R}{\text{FRF}_{UV}}$$

El procedimiento de medida queda ilustrado en la figura 39:

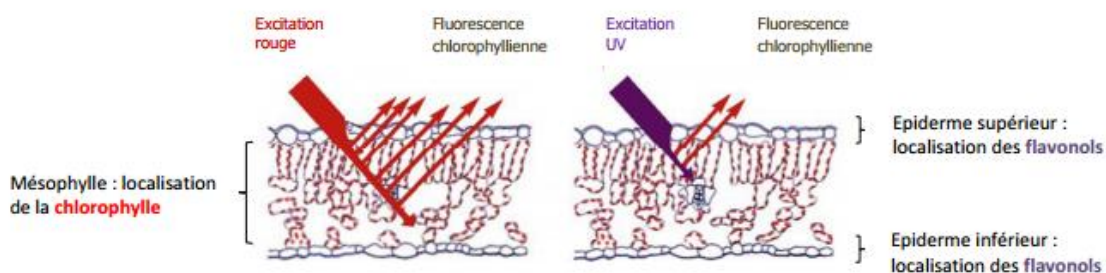


Figura 39. Corte transversal de una hoja de vid. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

El índice FLAV se puede utilizar para identificar zonas de estrés hídrico, nutricional o luminoso, ya que la planta favorecerá el metabolismo secundario en detrimento de la fotosíntesis, así como zonas susceptibles frente a enfermedades.

- **NBI[®] (Nitrogen Balance Index)**

El NBI[®] es un indicador de la deficiencia de nitrógeno. Se estima como un ratio entre la proporción de clorofila y flavonoles. Cuando la planta está en crecimiento, su metabolismo es activo, priorizando la síntesis de la clorofila frente a la de flavonoles. En cambio, cuando la planta se encuentra en una situación de deficiencia de nitrógeno, se favorece el metabolismo de los flavonoles.

El NBI[®] oscila entre 0,02 y 0,75, y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{NBI} = \frac{\text{Clorofila superficial}}{\text{Flavonoles}}$$

El nitrógeno es un elemento mineral indispensable durante el crecimiento y desarrollo de las cepas, ya que interviene activamente en la biosíntesis de las proteínas. Para determinar el estado de nitrógeno es importante muestrear hojas adultas, ya que se deben tener en cuenta las siguientes variaciones en los contenidos en flavonoles:

- Las hojas jóvenes son ricas en flavonoles para protegerse frente a agresiones del medio
- A medida que las hojas se van desarrollando, los flavonoles van reduciendo su importancia relativa, a la vez que se incrementa la síntesis de clorofila, lo que hace aumentar el valor de NBI[®]
- Cuando las hojas se pueden considerar maduras es el momento idóneo para medir su NBI[®]
- Al empezar la senescencia de la hoja el NBI[®] empieza a disminuir al degradarse la clorofila

Entre las aplicaciones de este índice destacan la gestión de la fertilización y de los tratamientos pulverizados sobre las hojas y conocer el estado de nitrógeno de la plantación y las extracciones de nitrógeno (Fig. 40):

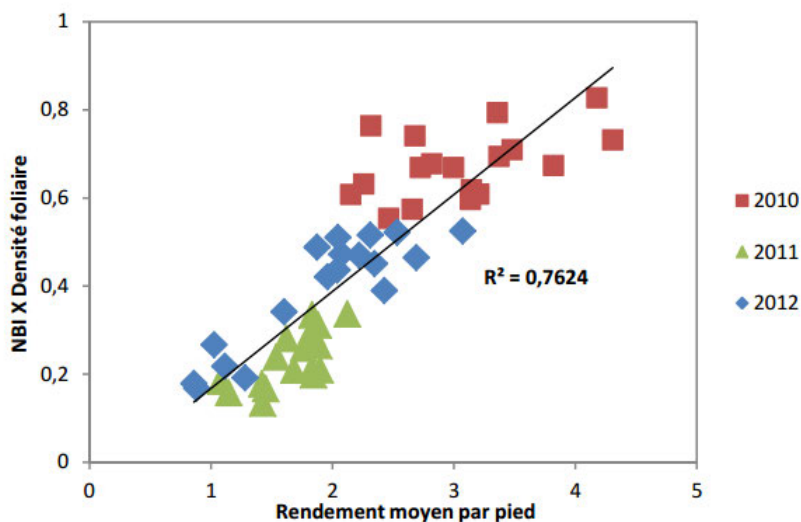


Figura 40. Relación entre el producto del IAF · NBI y el rendimiento por pie en Pinot Noir y Chardonnay Champagne. Fuente: <http://www.force-a.eu/>

En la figura anterior, el IAF (Índice de Área Foliar) representa el rendimiento por cepa y el NBI[®] se correlaciona con el estado de nitrógeno de la parcela, lo que en su conjunto representa las extracciones de nitrógeno.

- **ANTH (Índice de antocianinas)**

Las antocianinas siguen el mismo principio en su lectura que los flavonoles, ya que su presencia en las vacuolas de las células epidérmicas modifica la intensidad de la fluorescencia de la clorofila.

Una primera longitud de onda de referencia (625 nm) no absorbida por los polifenoles penetra por la epidermis, lo que permite medir una fracción de la fluorescencia roja de la clorofila (FRF_R). Después se barre con una segunda longitud de onda específica para antocianinas (verde, 516 nm), generando la fluorescencia roja de la clorofila (FRF_G). El contenido de antocianinas de las hojas se obtiene por comparación entre las dos intensidades medidas, y sus valores oscilan entre -0,2 y 1,5:

$$\text{ANTH} = \log \frac{\text{FRF_R}}{\text{FRF_G}}$$

- **Índice Ferari[®] (*Fluorescence Excitation Ratio Anthocyanin Relative Index*)**

El índice Ferari[®] es un índice derivado del ANTH, indicador de la maduración en el caso de las variedades tintas. Se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\text{FERARI} = \log\left(\frac{1}{\text{FRF}_R}\right) = \log(\text{FRF}_R)$$



“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

ANEJO VI

EVALUACIÓN FINANCIERA

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	ESTIMACIÓN DE COSTES HORARIOS	2
2.1.	Estimación de costes horarios del dron	2
2.1.1.	Costes fijos	2
2.1.2.	Costes variables	3
2.1.3.	Costes totales medios	3
2.1.4.	Justificación del coste horario a aplicar.....	3
2.2.	Estimación de costes horarios del sensor multifunción.....	4
2.2.1.	Costes fijos	4
2.2.2.	Costes variables	4
2.2.3.	Costes totales medios	4
2.2.4.	Justificación del coste horario a aplicar.....	5
3.	ANÁLISIS DE COSTES.....	5
3.1.	Costes variables relacionados con el riego.....	5
3.2.	Costes variables relacionados con los fertilizantes.....	7
3.3.	Costes variables relacionados con los productos fitosanitarios.....	8
4.	ANÁLISIS DE INGRESOS	9
5.	ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DE CAJA	10
6.	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	11
6.1.	VAN	11
6.2.	Relación B/I.....	12
6.3.	Pay-back	12
7.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	12
7.1.	Caso 1: Disminución de los ingresos.....	12
7.2.	Caso 2: Capacidad de trabajo real del sensor multifunción menor que la esperada	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Costes totales medios del dron (€/h).....	3
Figura 2. Costes totales medios del sensor multifunción (€/h).	5
Figura 3. Evaluación del ahorro en riego.	6
Figura 4. Evaluación del ahorro en fertilizantes.....	7
Figura 5. Evaluación del ahorro en fitosanitarios.....	8
Figura 6. Análisis de ingresos por venta de uva.....	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costes variables relacionados con el riego.....	6
Tabla 2. Costes variables relacionados con los fertilizantes..	7
Tabla 3. Costes variables relacionados con los fertilizantes..	8
Tabla 4. Ingresos venta producción antes del proyecto.....	9
Tabla 5. Ingresos venta producción con el proyecto.	9
Tabla 6. Flujos de caja (€)	11

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de este anejo se analizarán los costes asociados al proyecto. Para ello, primero se estimarán los costes horarios de la tecnología de la que empresa ofertante es propietaria. Después se estimarán los costes e ingresos derivados de la aplicación del proyecto, teniendo en cuenta los ahorros que se presuponen a la implantación de las tecnologías. Para concluir, se presentarán varios casos en los que se analiza la sensibilidad de la implantación del proyecto en función de diversas variables.

2. ESTIMACIÓN DE COSTES HORARIOS

Para la estimación de los costes del uso de las tecnologías de las que la empresa ofertante es propietaria, es decir, del dron y del sensor multifunción, es necesario analizar por separado el coste horario de cada uno de ellos.

2.1. Estimación de costes horarios del dron

El dron del que es propietaria la empresa ofertante tiene las siguientes características:

- Valor de adquisición: 30.000 €
- Vida útil: 5 años
- Horas de uso a lo largo de su vida útil: 3.000 h
- Horas de uso al año: 600 h/año
- Valor residual: 25% del valor de adquisición (7.500 €)

2.1.1. Costes fijos

Conocidos los valores anteriormente expuestos sobre el dron, se pueden determinar sus costes fijos, expresados en €/año.

Amortización:

$$A = \frac{V_a - V_r}{N} = \frac{30.000 - 7.500}{5} = 4.500 \text{ €/año}$$

Intereses:

$$I = \left(\frac{V_a + V_r}{2} \right) \cdot i = \left(\frac{30.000 + 7.500}{2} \right) \cdot 0,15 = 2.812,5 \text{ €/año}$$

Seguros, impuestos y alojamiento:

Se considera el 0,5% del valor de adquisición, es decir, 150 €/año

Reparaciones y mantenimiento:

Se estiman en 1/3 del valor de adquisición a lo largo de la vida útil de la tecnología, por lo que anualmente representará en 1/15 del valor de adquisición, es decir, 2.000 €/año.

Los costes fijos ascienden, por lo tanto, a 9.462,5 €/año.

2.1.2. Costes variables

El único coste variable que se considera es el coste de la mano de obra, que se asume que es de 10 €/h. Los costes de lubricantes y combustibles no se consideran de aplicación en este caso.

2.1.3. Costes totales medios

Conocidos los costes fijos y variables del dron, se pueden determinar sus costes totales medios, expresados en €/h (Figura 1):

$$CTM \left(\frac{€}{h} \right) = \frac{CF}{x} + CV = \frac{9.462,5}{600} + 10 = 25,8 \text{ €/h}$$

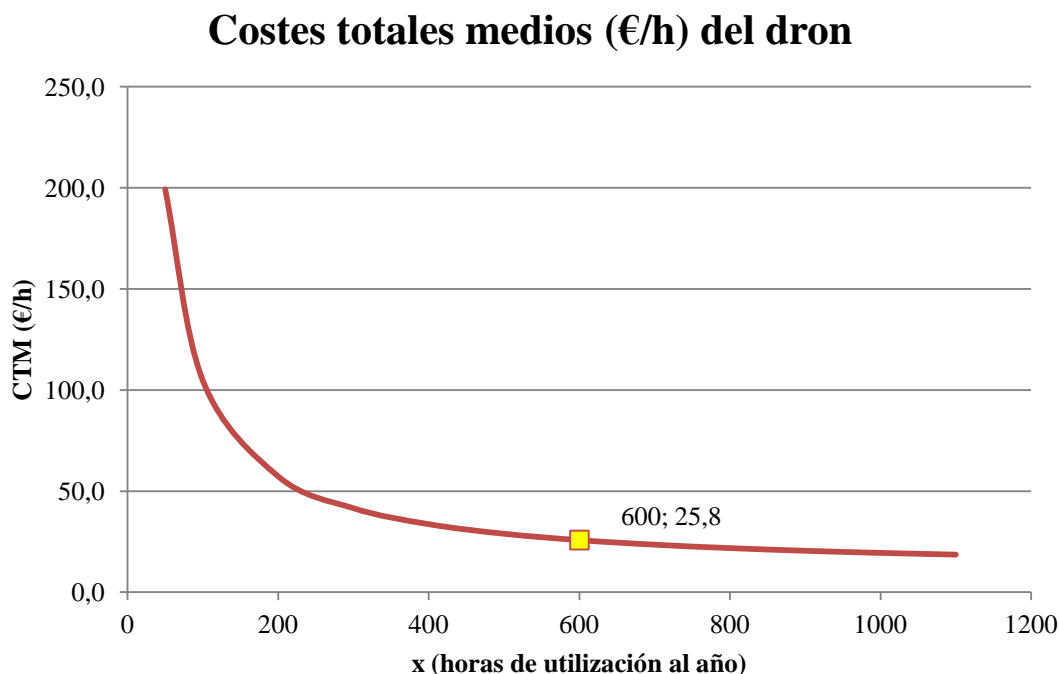


Figura 1. Costes totales medios del dron (€/h). Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Justificación del coste horario a aplicar

Considerando que la superficie máxima que se puede cubrir en un vuelo es 130 ha a la altura máxima permitida por la legislación vigente, se contempla realizar vuelos compartidos con otros usuarios cuyas parcelas se encuentren en las proximidades a las referidas en el presente proyecto.

Por lo tanto, para economizar el coste horario del vuelo, se propone realizar 3 vuelos en cada ciclo del cultivo, compartiendo los gastos con otros dos usuarios interesados en obtener imágenes aéreas de sus parcelas.

De esta forma se justifica que el coste total por los tres vuelos sea de 27,55 € por usuario. Sobre esta cantidad habrá se aplica el 20% de beneficio empresarial, resultando en una cantidad de 30,92€.

2.2. Estimación de costes horarios del sensor multifunción

El sensor multifunción del que es propietaria la empresa ofertante tiene las siguientes características:

- Valor de adquisición: 40.000 €
- Vida útil: 5 años
- Horas de uso a lo largo de su vida útil: 3.000 h
- Horas de uso al año: 600 h/año
- Valor residual: 25% del valor de adquisición (10.000 €)

2.2.1. Costes fijos

Conocidos los valores anteriormente expuestos sobre el sensor multifunción, se pueden determinar sus costes fijos, expresados en €/año.

Amortización:

$$A = \frac{V_a - V_r}{N} = \frac{40.000 - 10.000}{5} = 6.000 \text{ €/año}$$

Intereses:

$$I = \left(\frac{V_a + V_r}{2} \right) \cdot i = \left(\frac{40.000 + 10.000}{2} \right) \cdot 0,15 = 3.750 \text{ €/año}$$

Seguros, impuestos y alojamiento:

Se considera el 0,5% del valor de adquisición, es decir, 200 €/año

Reparaciones y mantenimiento:

Se estiman en 1/3 del valor de adquisición a lo largo de la vida útil de la tecnología, por lo que anualmente representará en 1/15 del valor de adquisición, es decir, 2.666,7 €/año.

Los costes fijos ascienden, por lo tanto, a 12.616,7 €/año.

2.2.2. Costes variables

El único coste variable que se considera es el coste de la mano de obra, que se asume que es de 10 €/h. Los costes de lubricantes y combustibles no se consideran de aplicación en este caso.

2.2.3. Costes totales medios

Conocidos los costes fijos y variables del sensor multifunción, se pueden determinar sus costes totales medios, expresados en €/h (Fig. 2):

$$CTM (\text{€/h}) = \frac{CF}{x} + CV = \frac{12.616,7}{600} + 10 = 31\text{€/h}$$

Costes totales medios (€/h) del sensor multifunción

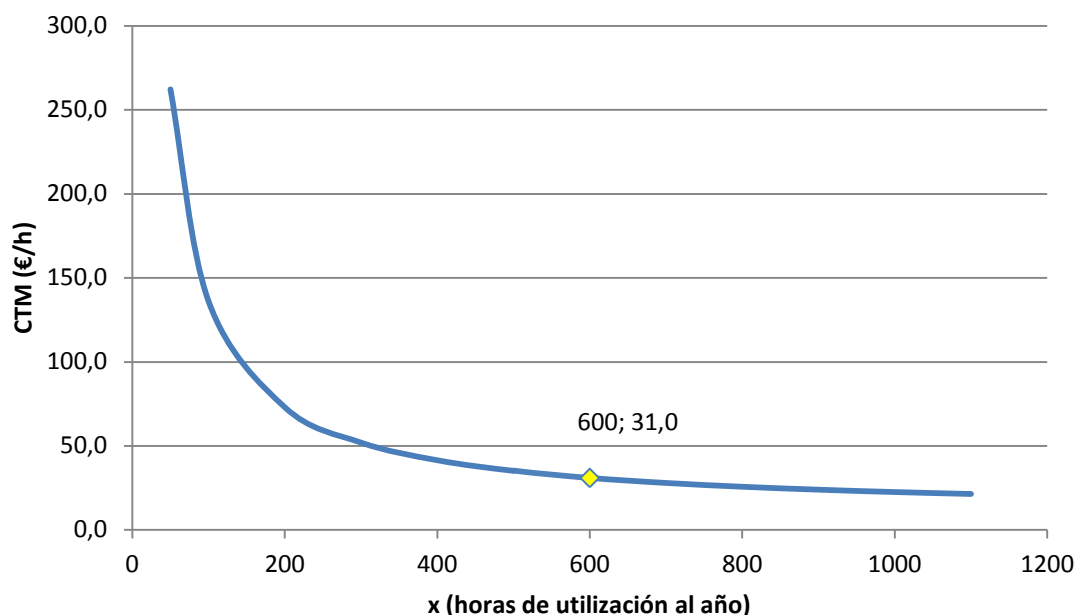


Figura 2. Costes totales medios del sensor multifunción (€/h). Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Justificación del coste horario a aplicar

Para simplificar el coste horario del uso en campo del sensor multifunción, se supone que dicho sensor irá montado sobre un vehículo móvil, a una velocidad estimada de 7,2 km/h. Estimando que cada medida tarda en tomarse 1 minuto, realizando un muestreo de 5 medidas por hectárea y con un rendimiento efectivo de 0,9, la capacidad de trabajo efectiva será de 1,55 ha/h.

Por lo tanto, conocida la capacidad de trabajo y la superficie de toma de datos, se estima que el tiempo total de muestreo será de 273,1 h, lo que justifica un coste total de 8.474,35 € por el uso de esta tecnología.

3. ANÁLISIS DE COSTES

Como se comentó en el Anejo 4, se esperan reducciones sustanciales sobre el agua necesaria para el riego, así como para fertilizantes y productos fitosanitarios.

3.1. Costes variables relacionados con el riego

A continuación se recogen los datos aportados por la cooperativa en lo que a costes variables relacionados con el riego se refiere, tanto a nivel unitario como para la

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo

Anejo 6. Evaluación financiera

dimensión total del proyecto, 48,4 ha (Tabla 1). En esta relación de costes no se incluyen los costes fijos de la instalación de riego, ya que no entra dentro del ámbito de aplicación del proyecto.

Tabla 1. Costes variables relacionados con el riego. Fuente: elaboración propia.

	Ud/ha	€/ud	€/ha	Total (€)
Gasóleo (litros)	95	0,4	38	1.839
Energía eléctrica (kW)	172	0,09	15,48	749
Agua (m3)	1500	0,03	45	2.178
Total				4.766

Las reducciones en los costes variables relacionados con el riego, estimadas en un 20%, se cuantifican en la siguiente figura (Fig. 3):

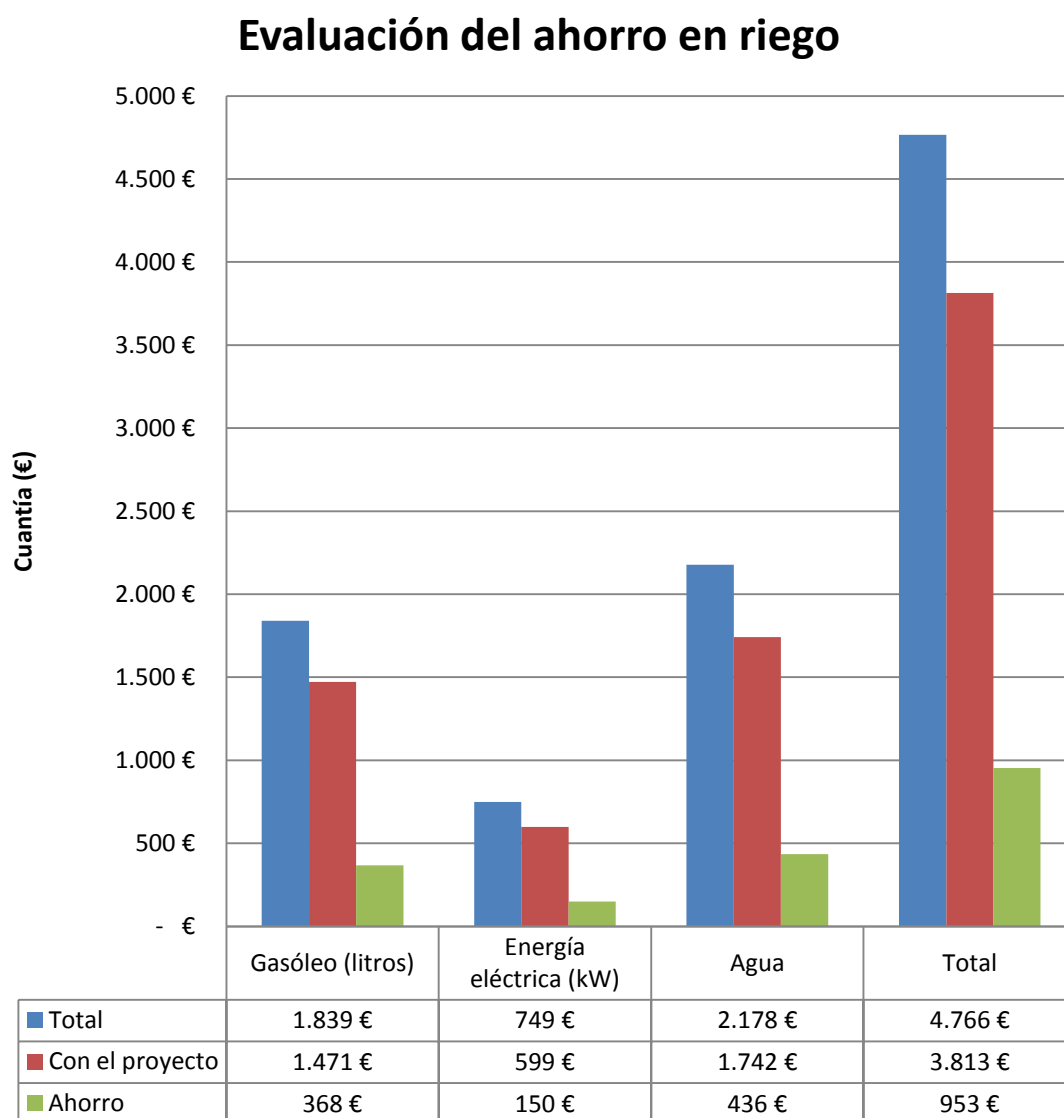


Figura 3. Evaluación del ahorro en riego. Fuente: elaboración propia.

3.2. Costes variables relacionados con los fertilizantes

A continuación se recogen los datos aportados por la cooperativa en lo que a costes variables relacionados con los fertilizantes se refiere, tanto a nivel unitario como para la dimensión total del proyecto, 48,4 ha (Tabla 2).

Tabla 2. Costes variables relacionados con los fertilizantes. Fuente: elaboración propia.

	kg/ha	€/ud	€/ha	Total (€)
Solución nitrogenada al 32%	283,5	0,18	51,03	2.469,85
Ácido fosfórico	55	0,45	24,75	1.197,9
Solución potásica al 15%	784,5	0,15	117,68	5.695,47
Total				9.363,22

Las reducciones en los costes variables relacionados con los fertilizantes, estimadas en un 21%, se cuantifican en la siguiente figura (Fig. 4):

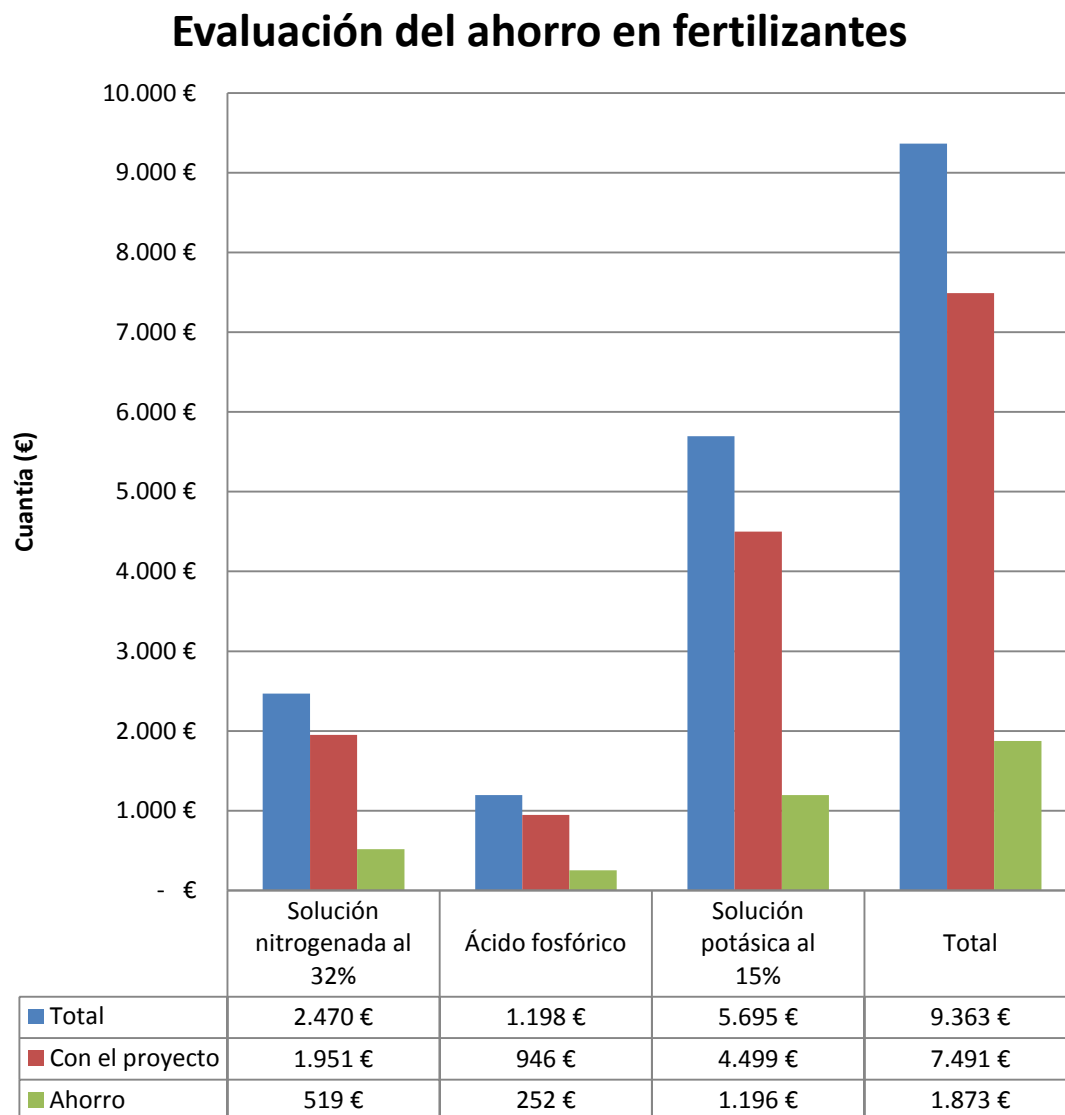


Figura 4. Evaluación del ahorro en fertilizantes. Fuente: elaboración propia.

3.3. Costes variables relacionados con los productos fitosanitarios

A continuación se recogen los datos aportados por la cooperativa en lo que a costes variables relacionados con los productos fitosanitarios se refiere, tanto a nivel unitario como para la dimensión total del proyecto, 48,4 ha (Tabla 3).

Tabla 3. Costes variables relacionados con los fertilizantes. Fuente: elaboración propia.

	€/ha	Total (€)
Fungicidas	250	12.100
Insecticidas	35	1.694
Total		13.794

Las reducciones en los costes variables relacionados con los productos fitosanitarios, estimadas en un 18% para los fungicidas, se cuantifican en la siguiente figura (Fig. 5):

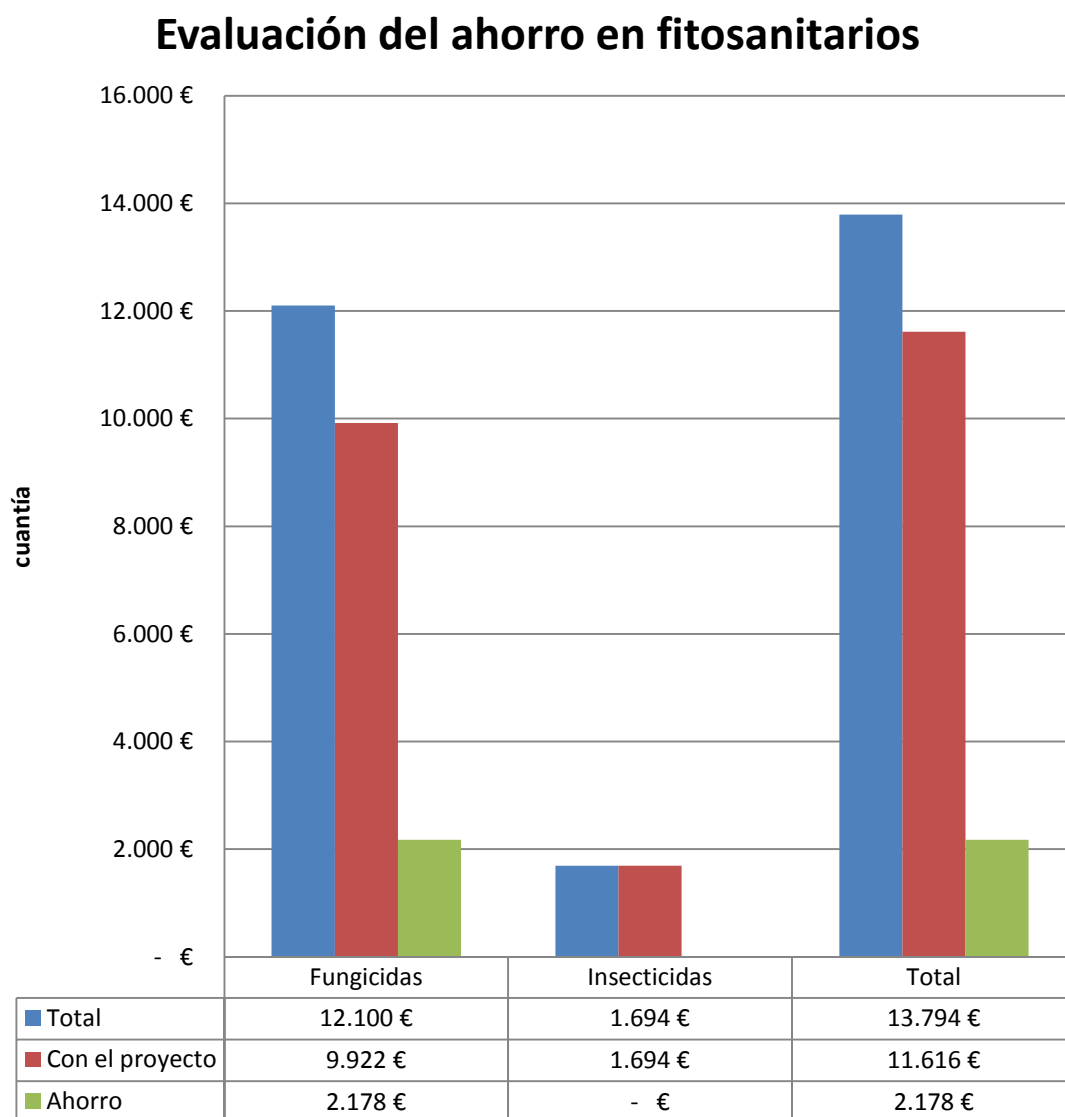


Figura 5. Evaluación del ahorro en fitosanitarios. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, se espera que al año se ahorre un total de 5.004 €.

4. ANÁLISIS DE INGRESOS

De acuerdo a la información recogida en el anejo 4, se estima un incremento de la productividad del 15%. Si bien a las parcelas se les presuponen rendimientos cercanos al máximo permitido por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen de La Mancha, se asume que la cooperativa tiene capacidad suficiente para afrontar la nueva producción de las parcelas, al compensarse con las producciones menores de otros cooperativistas.

Antes de ejecutar el proyecto, los ingresos derivados de la venta de la uva son los siguientes (Tabla 4):

Tabla 4. Ingresos venta producción antes del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Variedad Airén	
Rendimiento (kg/ha)	13.000
Precio venta (€/kg)	0,31
Precio venta (€/ha)	4.030
Superficie total (ha)	25,83
Ingresos totales (€)	104.095
Variedad Cencibel	
Rendimiento (kg/ha)	12.848
Precio venta (€/kg)	0,40
Precio venta (€/ha)	5.139,2
Superficie total (ha)	22,57
Ingresos totales (€)	115.992

Tras la ejecución y puesta en marcha del proyecto, los ingresos derivados de la venta de la producción serán los siguientes (Tabla 5):

Tabla 5. Ingresos venta producción con el proyecto. Fuente: elaboración propia.

Variedad Airén	
Rendimiento (kg/ha)	14.950
Precio venta (€/kg)	0,31
Precio venta (€/ha)	4.634,5
Superficie total (ha)	25,83
Ingresos totales (€)	119.709
Variedad Cencibel	
Rendimiento (kg/ha)	14.775
Precio venta (€/kg)	0,40
Precio venta (€/ha)	5.910,1
Superficie total (ha)	22,57
Ingresos totales (€)	133.390

En la figura 6 se pueden observar los incrementos esperados:

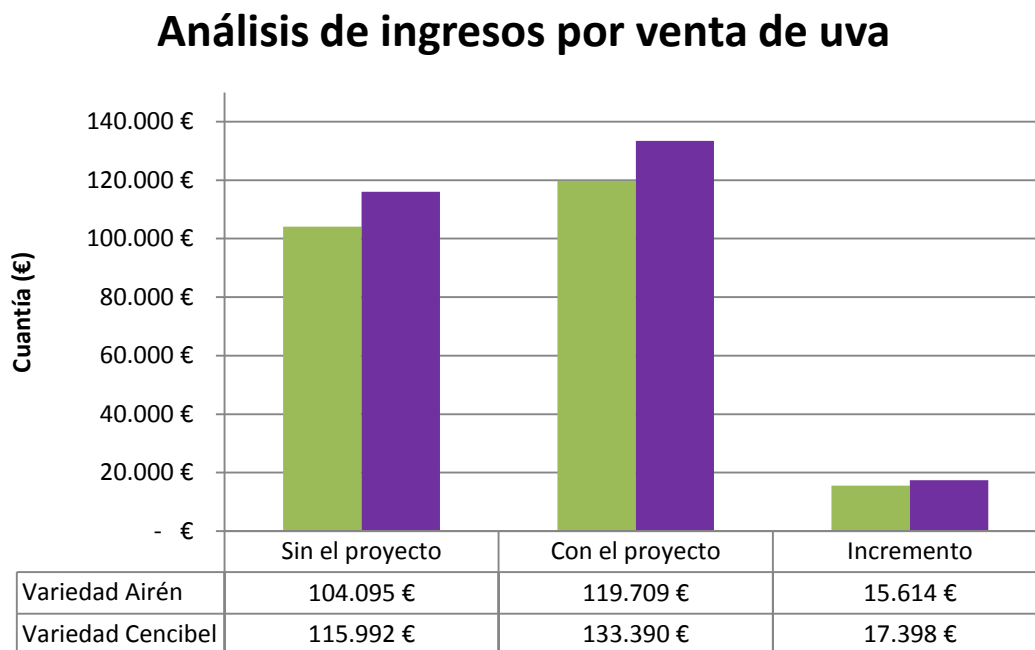


Figura 6. Análisis de ingresos por venta de uva. Fuente: elaboración propia.

Los incrementos se traducen en 604€/ha de variedad blanca y en 771€/ha de variedad tinta, lo que asciende al total de 33.012 €.

5. ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DE CAJA

Para obtener los flujos de caja se consideran los siguientes aspectos:

- La inversión para la instalación de la red inalámbrica de sensores asciende a 46.200 €. Dicha inversión se abonará en dos anualidades, en el año 0 y el año 1.
- Los costes derivados de la implantación de las tecnologías, incluyendo la realización de los vuelos, el uso del fluorómetro y el procesamiento de los datos ascienden a 10.320,14 €, que se abonarán anualmente durante los 5 años de la vida del proyecto.
- Los ingresos derivados del incremento en la producción y la reducción de los insumos ascienden a un total de 38.016 € al año.

Se obtienen así los flujos de caja del proyecto (Tabla 6):

Tabla 6. Flujos de caja (€). Fuente: elaboración propia.

Año	Inversión	Ingresos	Costes	Flujo de caja
0	-23.100	38.016	10.320,14	4.595,86
1	-23.100	38.016	10.320,14	4.595,86
2		38.016	10.320,14	27.695,86
3		38.016	10.320,14	27.695,86
4		38.016	10.320,14	27.695,86
5		38.016	10.320,14	27.695,86

6. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Para estudiar la rentabilidad del proyecto se seguirán los siguientes criterios:

- VAN: valor actual neto
- B/I: relación beneficio/inversión
- Pay-Back: plazo de recuperación

6.1. VAN

El valor actual neto (VAN) determina una rentabilidad absoluta a través de la ganancia neta generada por el proyecto, teniendo en cuenta la influencia del tiempo en el valor del dinero. Para ello, considera la diferencia entre los flujos de caja y los pagos de la inversión.

$$VAN = - \sum_{i=0}^m \frac{K_i}{(1+r)^i} + \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+r)^j}$$

Donde:

- K_i : pago de la inversión en el año i
- m : número de años en los que se realiza el pago de la inversión (2)
- r : tasa de actualización ajustada (0,05)
- R_j : flujo de caja del año j
- n : vida útil del proyecto (5)
- j : número de años

Si el $VAN \leq 0 \rightarrow$ Proyecto económicamente no viable

Si el $VAN > 0 \rightarrow$ Proyecto económicamente viable

Según los datos anteriormente expuestos, se obtiene un VAN de 57.404,44€ \rightarrow Proyecto económicamente viable

6.2. Relación B/I

La relación beneficio/inversión indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida en él. La relación B/I viene dada por la siguiente expresión:

$$B/I = \frac{VAN}{\sum_{i=0}^m \frac{K_i}{(1+r)^i}}$$

Según este criterio de inversión, siempre que el valor de B/I resulte mayor que 0, se considerará que el proyecto de inversión es viable desde un punto de vista financiero, en ausencia de otras oportunidades de inversión alternativas cuyo valor de B/I sea superior.

Según los datos anteriormente expuestos, se obtiene una B/I de 1,27 → Proyecto económicamente viable

6.3. Pay-back

El pay-back o plazo de recuperación es el número de años que se espera que transcurran desde que se inicia la inversión hasta que se verifica que la suma de los flujos de caja actualizados que ha generado el proyecto es mayor o igual que el pago de la inversión.

Para su cálculo basta con ir acumulando los flujos de caja año a año hasta que se hagan positivos. Para el caso del proyecto, el pay-back ocurre en el año 3 desde la puesta en marcha del proyecto.

7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para llevar a cabo el análisis de sensibilidad se estudiarán dos posibles casos, relacionados con los ingresos esperados y la capacidad de trabajo del sensor multifunción.

7.1. Caso 1: Disminución de los ingresos

En el caso de que los ingresos se vieran afectados por una bajada de precio de venta de la producción, la solución sería reducir el número de vuelos efectuados con el dron, ya que es la única variable sobre la que se puede actuar, al ser el número de actuaciones mayor de 1.

7.2. Caso 2: Capacidad de trabajo real del sensor multifunción menor que la esperada

En el caso de que la capacidad de trabajo del sensor multifunción fuese menor de la esperada, se tendría que recurrir a realizar menos muestreos por hectárea, para evitar así tener que incurrir en más horas en las parcelas.



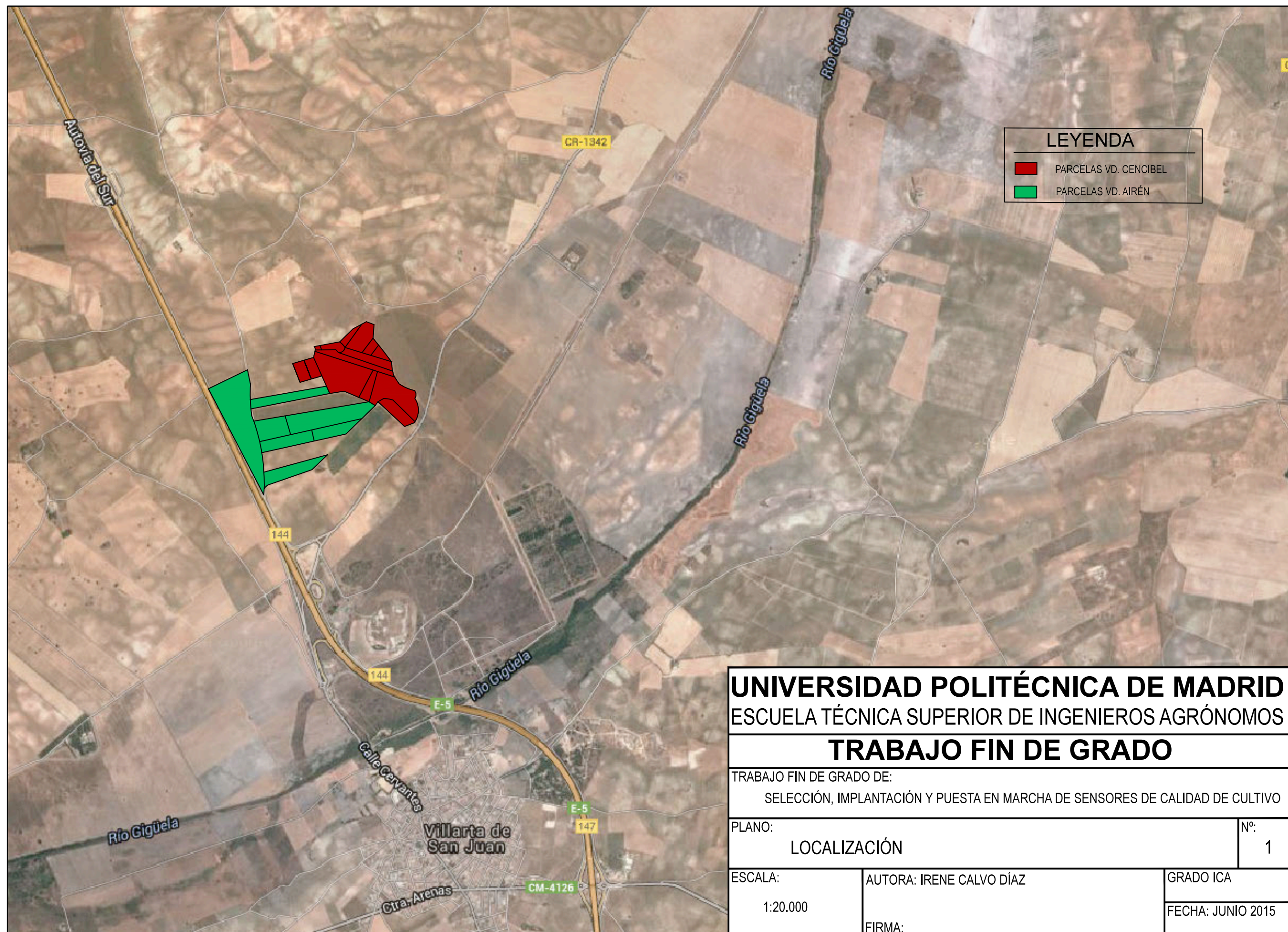
“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

DOCUMENTO II

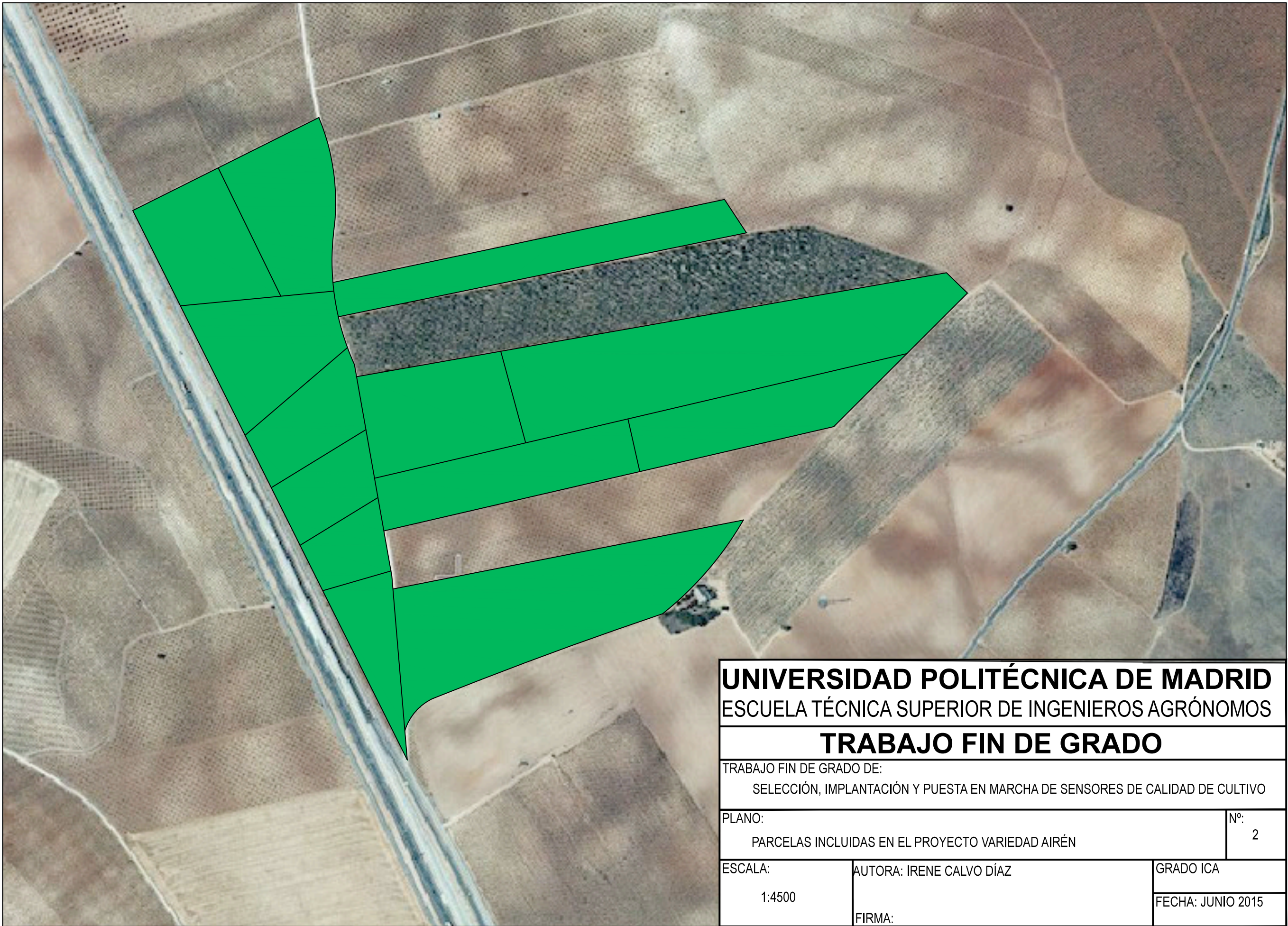
PLANOS

ÍNDICE

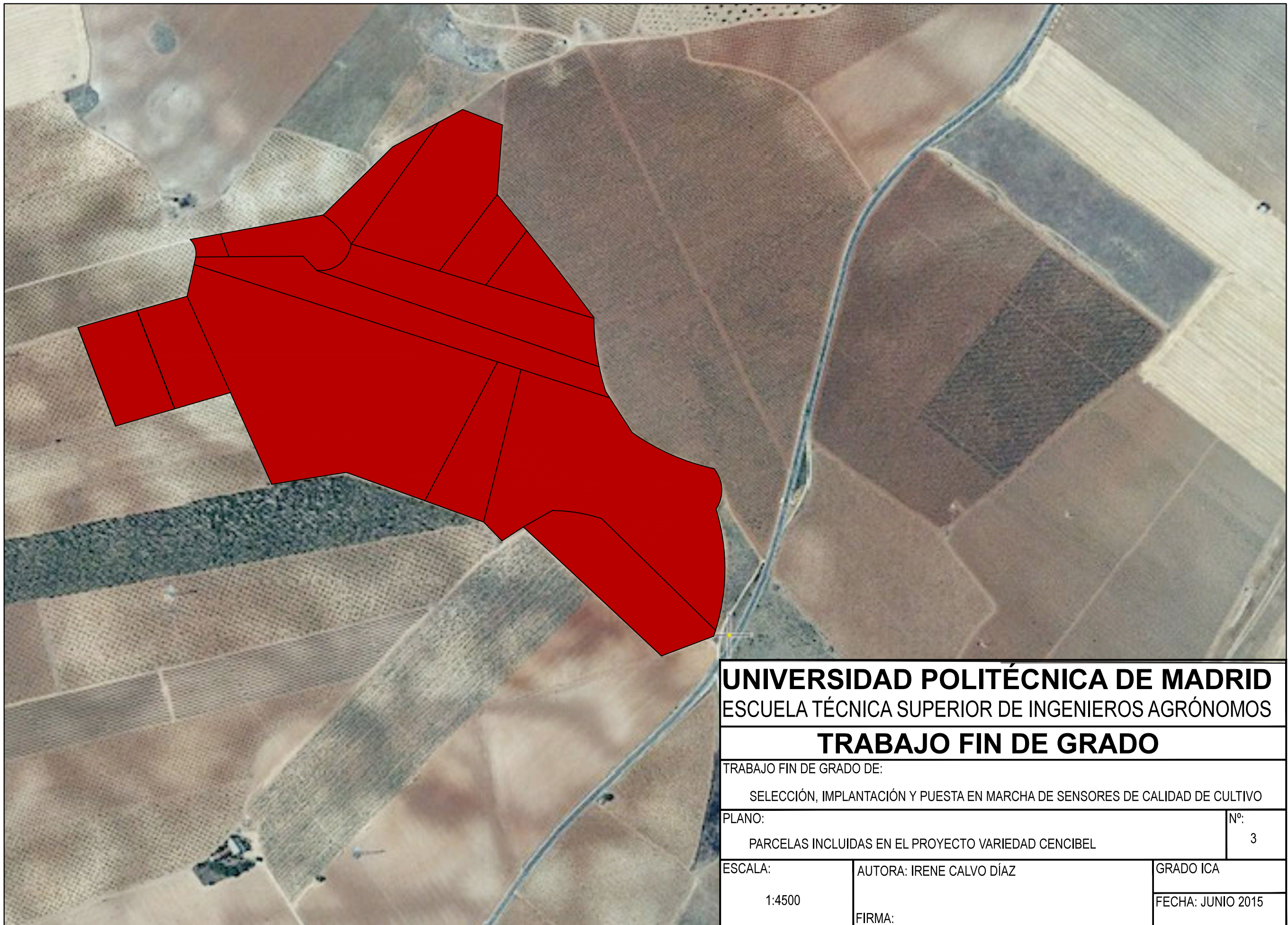
Localización	1
Parcelas incluidas en el Proyecto (Variedad Airén)	2
Parcelas incluidas en el Proyecto (Variedad Cencibel)	3
Distribución de la red de sensores (I)	4
Distribución de la red de sensores (II)	5



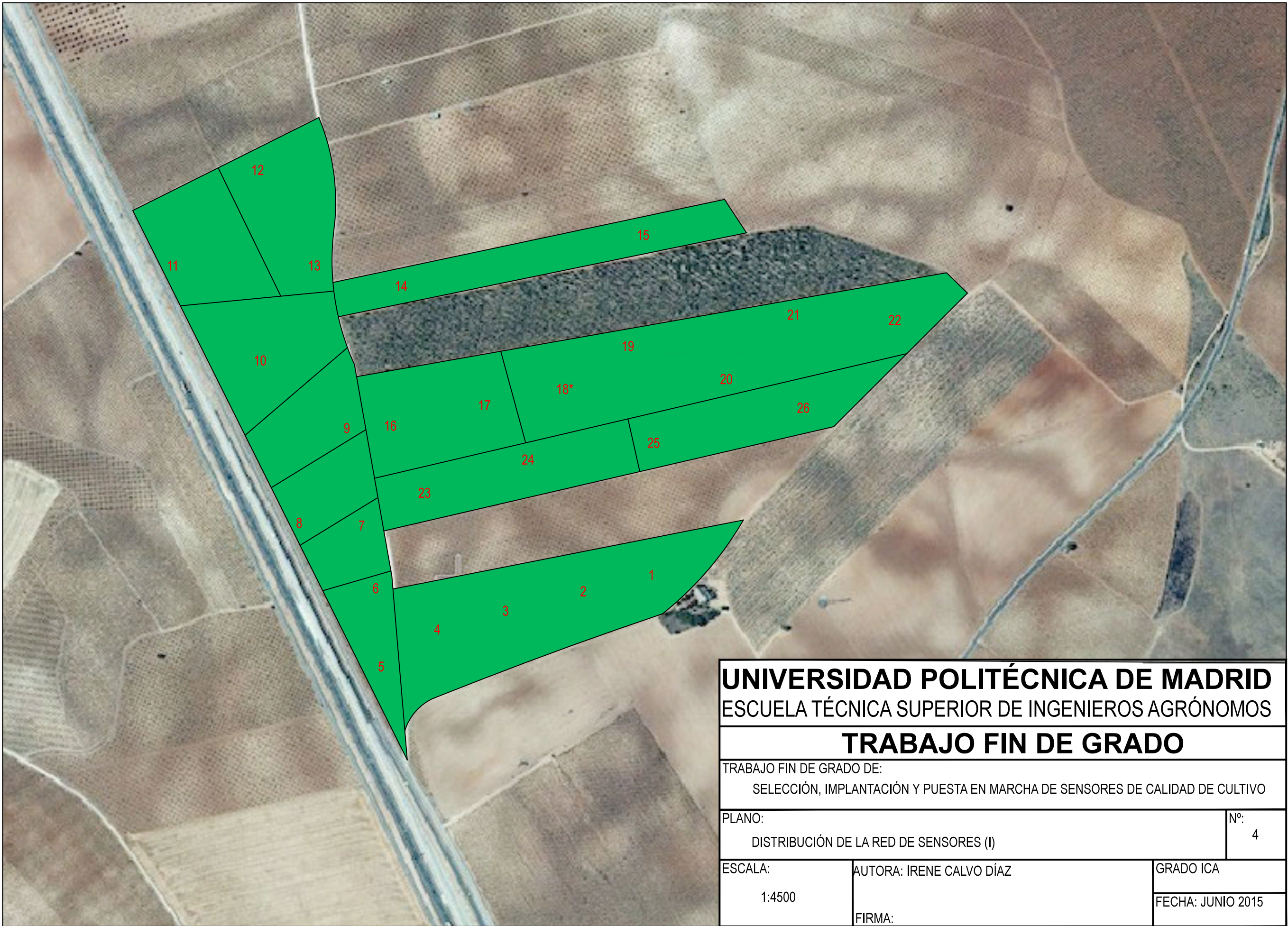
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS		
TRABAJO FIN DE GRADO		
TRABAJO FIN DE GRADO DE: SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO		
PLANO: LOCALIZACIÓN		Nº: 1
ESCALA: 1:20.000	AUTORA: IRENE CALVO DÍAZ FIRMA:	GRADO ICA FECHA: JUNIO 2015



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS		
TRABAJO FIN DE GRADO		
TRABAJO FIN DE GRADO DE: SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO		
PLANO: PARCELAS INCLUIDAS EN EL PROYECTO VARIEDAD AIRÉN		Nº: 2
ESCALA: 1:4500	AUTORA: IRENE CALVO DÍAZ	GRADO ICA
	FIRMA:	FECHA: JUNIO 2015



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS		
TRABAJO FIN DE GRADO		
TRABAJO FIN DE GRADO DE:		
SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO		
PLANO:		Nº:
PARCELAS INCLUIDAS EN EL PROYECTO VARIEDAD CENCIBEL		3
ESCALA:	AUTORA: IRENE CALVO DÍAZ	GRADO ICA
1:4500	FIRMA:	FECHA: JUNIO 2015



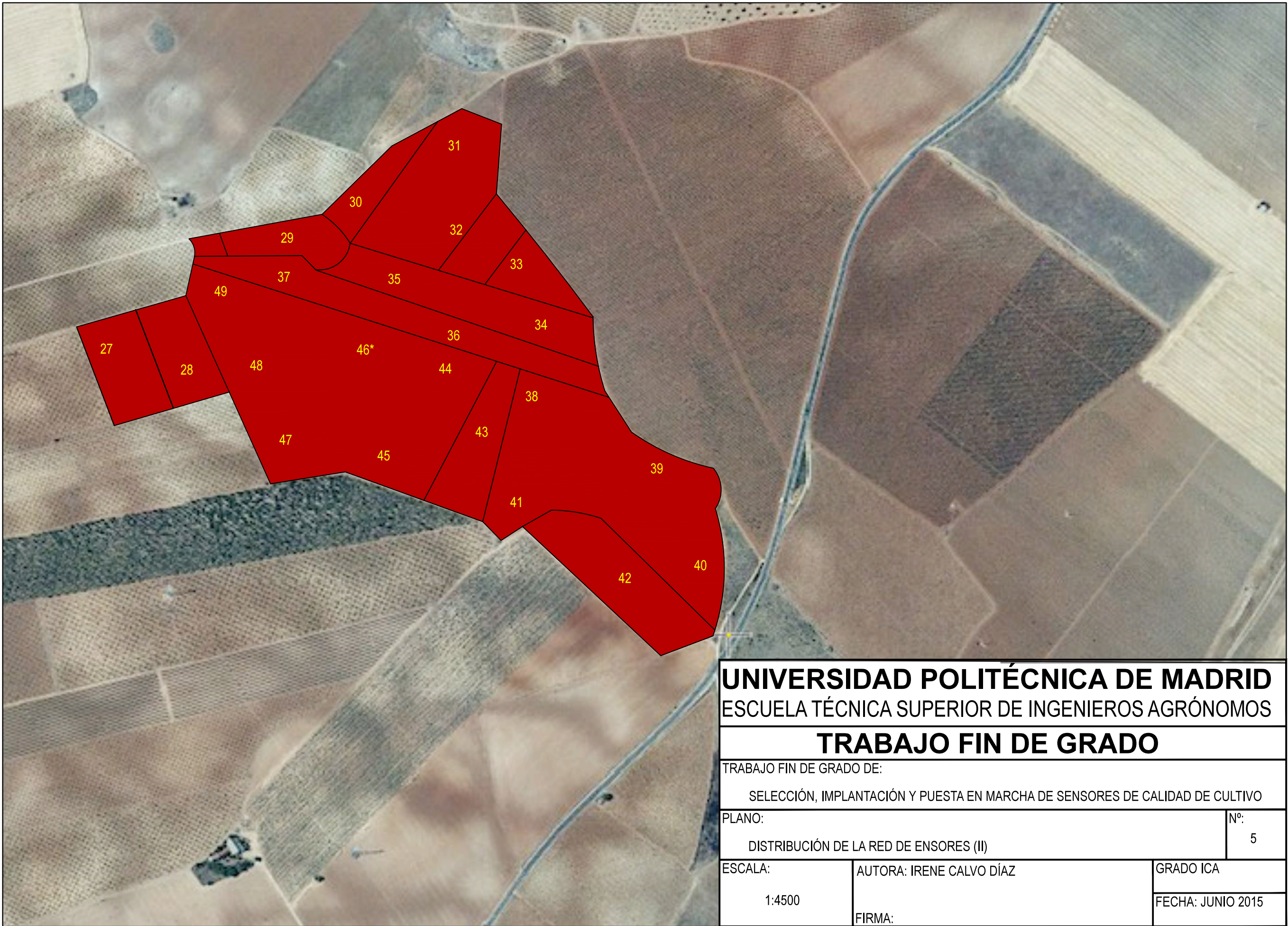
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

TRABAJO FIN DE GRADO

TRABAJO FIN DE GRADO DE:
SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO

PLANO: DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE SENSORES (I)	Nº: 4
--	----------

ESCALA: 1:4500	AUTORA: IRENE CALVO DÍAZ FIRMA:	GRADO ICA FECHA: JUNIO 2015
-------------------	------------------------------------	--------------------------------





“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

DOCUMENTO III

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

TÍTULO I. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA	2
EPÍGRAFE I.1. INTRODUCCIÓN.	2
Artículo 1.- Documentos	2
Artículo 2.- Compatibilidad y relación entre los documentos.....	2
Artículo 3.- Director de actividades	2
Artículo 4.- Condiciones de acabado.....	3
Artículo 5.- Actividades que comprende este Pliego	3
Artículo 6.- Labores de explotación que comprende el Proyecto.....	3
Artículo 7.- Emplazamiento	3
Artículo 8.- Labores accesorias	4
EPÍGRAFE I.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA: ACTIVIDADES	4
CAPÍTULO I: MATERIALES.....	4
Artículo 1.- Generalidades.....	4
CAPÍTULO II: RED INALÁMBRICA DE SENSORES	4
Artículo 2.- Nodos	4
Artículo 3.- Sensores de humedad y temperatura ambiental	4
Artículo 4.- Sensor de presión atmosférica	5
Artículo 5.- Sensor de temperatura del suelo	5
Artículo 6.- Estación meteorológica.....	5
Artículo 7.- Sensor de humedad del suelo	5
Artículo 8.- Gateway	5
Artículo 9.- Red mallada	6
Artículo 10.- Postes de instalación de los nodos	6
CAPÍTULO III: UAV.....	6
Artículo 11.- Hardware.....	6
Artículo 12.- Componentes necesarios durante el vuelo	6
Artículo 13.- Cámaras.....	6
Artículo 14.- Cámara NIR	7
Artículo 15.- Cámara RE.....	7
Artículo 16.- Cámara RGB	7
Artículo 17.- Cámara térmica	7
CAPÍTULO IV: SENSORES MULTIFUNCIÓN.....	7
Artículo 18.- Hardware.....	7

Artículo 19.- Componentes para la toma de datos.....	7
Artículo 20.- Índices a determinar	8
CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO DE DATOS	8
Artículo 21.- Software	8
Artículo 22.- Plazos de entrega.....	8
Artículo 23.- Disposición final	8

TÍTULO I. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

EPÍGRAFE I.1. INTRODUCCIÓN.

Artículo 1.- Documentos

El carácter general y el alcance de este Proyecto serán fijados por los siguientes documentos:

- Documento nº1: Memoria
- Documento nº2: Planos
- Documento nº3: Pliego de condiciones
- Documento nº4: Presupuesto

Los documentos que definen las actividades y que la propiedad entregue a la empresa contratada pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

Son documentos contractuales los Planos, el Pliego de Condiciones, los Cuadros de Precios y el Presupuesto, que se incluyen en el presente Proyecto.

Los datos incluidos en la Memoria y Anejos, así como la justificación de precios tienen carácter meramente informativo.

Cualquier cambio en el planteamiento del proyecto que implique un cambio sustancial respecto al original deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

Artículo 2.- Compatibilidad y relación entre los documentos

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último documento.

Lo mencionado en los planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

Artículo 3.- Director de actividades

La empresa asegura la presencia de un Ingeniero Agrónomo en cada una de las visitas que se realicen a las parcelas para ejecutar el plan de negocio. Esto abarca la fase de instalación de la red inalámbrica de sensores, así como la toma de datos con el fluorómetro y con el dron.

Artículo 4.- Condiciones de acabado

Todas las unidades se entienden como completamente acabadas, montadas, instaladas y, en su caso, en funcionamiento, incluido:

- Manuales de funcionamiento y conservación de aparatos e instalación
- Gestiones y gastos necesarios para el total montaje y puesta en marcha de la instalación
- Presentación de los planes de vuelo del dron al organismo aeronáutico competente antes de realizar el mismo
- Responsabilidades y daños por incumplimiento de la normativa vigente de los organismos oficiales
- Responsables y daños por defecto de fabricación o montaje de todos y cada uno de los elementos componentes de la instalación o de los aparatos utilizados en la toma de datos

Artículo 5.- Actividades que comprende este Pliego

Comprende la ejecución de todos los trabajos necesarios para la instalación de la red de sensores inalámbrica. Dicha instalación se ejecutará de acuerdo a los planos del Proyecto, a los estados de medición del presupuesto y cuadros de precios y las instrucciones verbales o escritas que el Ingeniero tenga a bien dictar en cada caso particular.

Artículo 6.- Labores de explotación que comprende el Proyecto

Comprende la ejecución de todas las labores necesarias para la evaluación de los parámetros de calidad de cultivo mediante la instalación de una red inalámbrica de sensores y el uso de un fluorómetro y un dron.

Todas las labores se ejecutarán de acuerdo a las descripciones efectuadas en los anejos y a las instrucciones verbales o escritas que el Ingeniero Directo tenga a bien dictar en cada caso particular. Si fuese preciso, a juicio de éste, variar el carácter de alguna labor, redactará las correspondientes normas, las cuales se considerarán desde el día de la fecha como integrantes del Proyecto primitivo y por tanto, sujetas a las mismas especificaciones que todos y cada uno de los documentos de éste, en cuanto no se opongan específicamente.

Artículo 7.- Emplazamiento

Las actividades se emplazarán según las normas dictadas en la memoria y planos de situación.

Artículo 8.- Labores accesorias

Se entiende por labores accesorias aquellas de importancia secundaria, o que por su naturaleza no pueden ser previstas en todos sus detalles, sino a medida que se desarrollen las actividades propias del Proyecto.

Las labores accesorias se realizarán bajo el criterio del personal cualificado.

EPÍGRAFE I.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA: ACTIVIDADES

Las actividades de implantación y ejecución a las que se refiere este título se ejecutarán con entera sujeción a los Planos del Proyecto en cuanto a dimensiones, distribución, clase y construcción y al presupuesto y mediciones que figuran en el Proyecto.

CAPÍTULO I: MATERIALES

Artículo 1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en estas obras reunirán las condiciones de naturaleza requerida para cada uno, a juicio del Ingeniero, quien dentro del criterio de justicia, se reserva el derecho a ordenar que sean retirados, demolidos o reemplazados, dentro de cualquiera de las épocas de las obras o de sus plazos de garantía, los productos, materiales, etc., que a su parecer justifiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

CAPÍTULO II: RED INALÁMBRICA DE SENSORES

Artículo 2.- Nodos

Los nodos a instalarán deberán contar con protección nivel IP65 y deberán alimentarse mediante placas solares integradas en la carcasa. Será necesario que cuente con conectores externos de SIM para GPRS o 3G además de con sujeciones especiales que aseguren el mantenimiento de su posición durante la vida útil del proyecto. El número máximo de sensores que se instalará por nodo no podrá superar las seis salidas.

Se deberán instalar nodos en los que se puedan configurar mediante plataforma de software abierto las salidas para cada uno de los sensores seleccionados.

Artículo 3.- Sensores de humedad y temperatura ambiental

Los sensores de humedad y temperatura ambiental deberán incorporar los componentes suficientes y necesarios como para obtener medidas fiables de estos parámetros.

El sensor de temperatura tendrá una precisión de al menos $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ y una repetibilidad de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, con un rango de medida entre -40 y 120°C .

El sensor de humedad tendrá una precisión de al menos $\pm 1\%\text{HR}$ y una repetibilidad de $\pm 1,8\%\text{HR}$, con un rango de medida entre el 0 y el 100% de humedad relativa.

Artículo 4.- Sensor de presión atmosférica

El sensor de presión atmosférica a instalar tendrá un rango de medida comprendido entre 15 y 115 kPa, con una precisión mínima de $\pm 1,5\text{V}$. El sensor de presión atmosférica deberá poder convertir los valores de presión atmosférica en valores analógicos de tensión en un rango entre 0,12 y 2,88V.

Artículo 5.- Sensor de temperatura del suelo

El sensor de temperatura del suelo deberá tener una resistencia a 0°C de al menos 800Ω , con un rango de medida entre -50 y 300°C . El cable del mismo deberá ser lo suficientemente largo para poder instalar adecuadamente el sensor a la profundidad deseada desde la salida de la carcasa del nodo.

Artículo 6.- Estación meteorológica

La estación meteorológica a instalar deberá contar con, al menos, los siguientes componentes: una veleta, un anemómetro y un pluviómetro.

La veleta tendrá una altura comprendida entre 8 y 10 cm, con una precisión mínima de 20° .

El anemómetro podrá soportar rangos de velocidad entre 0 y 240 km/h, y su sensibilidad no será inferior a 2,4 km/h /vuelta.

El pluviómetro contará con un recipiente con vaciado automático con capacidad para 0,28 mm de pluviometría.

Artículo 7.- Sensor de humedad del suelo

El sensor para medir la humedad en el suelo será de tipo resistivo, con un rango de medida comprendido entre 0 y 200 cb. La longitud del cable será tal que asegure su correcta instalación a la profundidad determinada en el perfil del suelo.

Artículo 8.- Gateway

El router que recoja la información enviada por los nodos podrá almacenar los datos de forma externa en la nube. Tendrá sistema operativo Linux y contará con al menos las

siguientes interfaces de radio: WiFi 2.4 GHz, WiFi 5GHz, 3G/GPRS, Bluetooth, Xbee y LoRa.

Su carcasa tendrá protección IP65, estará alimentado por paneles solares y el alcance nunca será menor de 6 km. Tendrá, al menos, un procesador de 500 MHz, una memoria RAM de 256 MB y una memoria de disco de 8GB.

Artículo 9.- Red mallada

La red de conexión entre nodos y router será una red mallada con un elemento central, un router 3G/GPRS, que comparta su conexión a Internet con los otros nodos de la red. Los demás elementos de la red se comunicarán mediante conexión WiFi.

Artículo 10.- Postes de instalación de los nodos

Los nodos irán instalados sobre postes de aluminio de 5 cm de diámetro, a una altura nunca inferior a 1,75 m sobre el nivel del suelo. Los nodos se engancharán a los postes mediante bridas, que aseguren su permanencia a la altura fijada a lo largo de toda la vida útil del nodo.

CAPÍTULO III: UAV

Artículo 11.- Hardware

El dron a utilizar será de estructura de polipropileno expandido (EPP) y de estructura de carbono, con algunas partes de material compuesto. Su peso deberá ser inferior a los 2 kg para que se pueda acoger a la legislación específica para este rango de peso.

El dron contará con una hélice propulsora eléctrica y con un motor sin escobillas de corriente continua de al menos 150W.

Artículo 12.- Componentes necesarios durante el vuelo

La autonomía del vuelo deberá ser superior a los 30 minutos, con una velocidad de crucero nominal entre 40-90 km/h. El alcance de la conexión de radio será de hasta 3 km, y resistirá rachas de viento de hasta 45 km/h.

Artículo 13.- Cámaras

La empresa ofertante del servicio deberá tener disponibles cámaras que puedan trabajadas en el infrarrojo cercano (NIR), en el rojo (RE), en el espectro visible (RGB) y con distintos valores térmicos.

Artículo 14.- Cámara NIR

La cámara que obtiene datos de la banda infrarroja cercana deberá tener una resolución de 12 MPx, con una resolución espacial a 100 m de 3,5 cm/pix. Las imágenes obtenidas serán en formato JPEG y/o RAW.

Artículo 15.- Cámara RE

La cámara que obtiene datos en la banda roja deberá tener una resolución de 12 MPx, con una resolución espacial a 100 m de 3,5 cm/pix. Las imágenes obtenidas serán en formato JPEG y/o RAW.

Artículo 16.- Cámara RGB

La cámara que obtiene datos en el espectro visible deberá tener una resolución de 12 MPx, con una resolución espacial a 100 m de 3,5 cm/pix. Las imágenes obtenidas serán en formato JPEG y/o RAW.

Artículo 17.- Cámara térmica

Esta cámara podrá capturar imágenes fijas y videos térmicos. La resolución espacial a 75 m será de 14 cm/pix, con valores de medida comprendidos entre -40 y 160°C. La resolución será de 0,1°C y el formato de salida serán imágenes TIFF y videos mp4.

CAPÍTULO IV: SENSORES MULTIFUNCIÓN

Artículo 18.- Hardware

El sensor multifunción a emplear deberá tener un peso inferior a 3 kg, con una autonomía de la batería de al menos 9 h. Contará con un sistema de posicionamiento interno y con una entrada USB y otra para tarjeta SD. La pantalla será táctil de no menos de 3”.

Artículo 19.- Componentes para la toma de datos

El sensor multifunción contará con cuatro canales de excitación: UV, azul, verde y rojo. Tendrá como detectores fotodiodos de silicona.

Se podrán realizar medidas sobre hojas, acículas, bayas, frutos y semillas.

Artículo 20.- Índices a determinar

Mediante los datos obtenidos en campo con el sensor multifunción se podrán determinar índices relacionados con el contenido en clorofila, flavonoles y antocianinas del material vegetal examinado.

CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO DE DATOS

Artículo 21.- Software

La empresa ofertante tendrá a su disposición el software necesario para procesar los datos obtenidos por cada una de las tres tecnologías a implementar.

Artículo 22.- Plazos de entrega

Será responsabilidad de la empresa ofertante elaborar un informe semanal con los datos obtenidos por la red inalámbrica de sensores. Estos informes se remitirán por correo electrónico a los encargados de las parcelas afectadas.

De igual forma, cuando se realicen jornadas de toma de datos con el dron o con el sensor multifunción, la empresa ofertante se compromete a emitir un informe con recomendaciones agronómicas en un plazo máximo de una semana desde la finalización de la toma de datos. Estos informes también se remitirán por correo electrónico a los encargados de las parcelas afectadas.

Artículo 23.- Disposición final

En todo lo no previsto en este Pliego de Condiciones formado por el título siguiente:

PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

Serán de aplicación, con carácter de norma supletoria, los preceptos del Texto Articulado de la Ley y Reglamento General de Contratación actualmente vigentes.

Los documentos del presente proyecto y las normas de aplicación vigentes, constituyen el contrato que determina y regula las obligaciones y derechos de ambas partes.

Madrid, junio de 2014

Fdo. Irene Calvo Díaz



“SELECCIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSORES DE CALIDAD DE CULTIVO”

DOCUMENTO IV

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1.	MEDICIONES	2
1.1.	Red inalámbrica de sensores	2
1.2.	Seguimiento del cultivo durante el año 0	2
1.3.	Seguimiento del cultivo durante el año 1	2
1.4.	Seguimiento del cultivo durante el año 2	3
1.5.	Seguimiento del cultivo durante el año 3	3
1.6.	Seguimiento del cultivo durante el año 4	3
1.7.	Seguimiento del cultivo durante el año 5	3
2.	PRESUPUESTO.....	4
2.1.	Red inalámbrica de sensores	4
2.2.	Seguimiento del cultivo durante el año 0	4
2.3.	Seguimiento del cultivo durante el año 1	4
2.4.	Seguimiento del cultivo durante el año 2	5
2.5.	Seguimiento del cultivo durante el año 3	5
2.6.	Seguimiento del cultivo durante el año 4	5
2.7.	Seguimiento del cultivo durante el año 5	5
3.	PRESUPUESTO GENERAL	6

1. MEDICIONES

1.1. Red inalámbrica de sensores

Nº PARTIDA	UNIDAD	DESIGNACIÓN DEL ELEMENTO	Nº UNIDADES
1.1.1.	Und	Nodo	49
1.1.2.	Und	Sensor de humedad y temperatura ambiental	49
1.1.3.	Und	Sensor de presión atmosférica	49
1.1.4.	Und	Sensor de temperatura del suelo	49
1.1.5.	Und	Estación meteorológica	2
1.1.6.	Und	Sensor de humedad del suelo	98
1.1.7.	Und	Gateway	3

1.2. Seguimiento del cultivo durante el año 0

Nº PARTIDA	UNIDAD	DESIGNACIÓN DEL ELEMENTO	Nº UNIDADES
1.2.1.	Und	Vuelo cobertura 48,4 ha con el dron	3
1.2.2.	Horas	Toma de datos con el fluorómetro	273,1
1.2.3.	Und	Procesamiento de datos y elaboración de informes	1

1.3. Seguimiento del cultivo durante el año 1

Nº PARTIDA	UNIDAD	DESIGNACIÓN DEL ELEMENTO	Nº UNIDADES
1.3.1.	Und	Vuelo cobertura 48,4 ha con el dron	3
1.3.2.	Horas	Toma de datos con el fluorómetro	273,1
1.3.3.	Und	Procesamiento de datos y elaboración de informes	1

1.4. Seguimiento del cultivo durante el año 2

Nº PARTIDA	UNIDAD	DESIGNACIÓN DEL ELEMENTO	Nº UNIDADES
1.4.1.	Und	Vuelo cobertura 48,4 ha con el dron	3
1.4.2.	Horas	Toma de datos con el fluorómetro	273,1
1.4.3.	Und	Procesamiento de datos y elaboración de informes	1

1.5. Seguimiento del cultivo durante el año 3

Nº PARTIDA	UNIDAD	DESIGNACIÓN DEL ELEMENTO	Nº UNIDADES
1.5.1.	Und	Vuelo cobertura 48,4 ha con el dron	3
1.5.2.	Horas	Toma de datos con el fluorómetro	273,1
1.5.3.	Und	Procesamiento de datos y elaboración de informes	1

1.6. Seguimiento del cultivo durante el año 4

Nº PARTIDA	UNIDAD	DESIGNACIÓN DEL ELEMENTO	Nº UNIDADES
1.6.1.	Und	Vuelo cobertura 48,4 ha con el dron	3
1.6.2.	Horas	Toma de datos con el fluorómetro	273,1
1.6.3.	Und	Procesamiento de datos y elaboración de informes	1

1.7. Seguimiento del cultivo durante el año 5

Nº PARTIDA	UNIDAD	DESIGNACIÓN DEL ELEMENTO	Nº UNIDADES
1.7.1.	Und	Vuelo cobertura 48,4 ha con el dron	3
1.7.2.	Horas	Toma de datos con el fluorómetro	273,1
1.7.3.	Und	Procesamiento de datos y elaboración de informes	1

2. PRESUPUESTO

2.1. Red inalámbrica de sensores

Nº PARTIDA	PRECIO/UNIDAD	Nº UNIDADES	IMPORTE TOTAL
1.1.1.	360	49	17.640
1.1.2.	96	49	4.704
1.1.3.	96	49	4.704
1.1.4.	96	49	4.704
1.1.5.	720	2	1.440
1.1.6.	96	98	9.408
1.1.7.	1.200	3	3.600
TOTAL			46.200

El presente PRESUPUESTO DE LA RED INALÁMBRICA DE SENSORES asciende a la cantidad de CUARENTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS EUROS.

2.2. Seguimiento del cultivo durante el año 0

Nº PARTIDA	PRECIO/UNIDAD	Nº UNIDADES	IMPORTE TOTAL
1.2.1.	10,31	3	30,92
1.2.2.	37,24	273,1	10.169,22
1.2.3.	120	1	120
TOTAL			10.320,14

El presente PRESUPUESTO DE SEGUIMIENTO DEL CULTIVO DURANTE EL AÑO 0 asciende a la cantidad de DIEZ MIL TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS DE EURO.

2.3. Seguimiento del cultivo durante el año 1

Nº PARTIDA	PRECIO/UNIDAD	Nº UNIDADES	IMPORTE TOTAL
1.3.1.	10,31	3	30,92
1.3.2.	37,24	273,1	10.169,22
1.3.3.	120	1	120
TOTAL			10.320,14

El presente PRESUPUESTO DE SEGUIMIENTO DEL CULTIVO DURANTE EL AÑO 1 asciende a la cantidad de DIEZ MIL TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS DE EURO.

2.4. Seguimiento del cultivo durante el año 2

Nº PARTIDA	PRECIO/UNIDAD	Nº UNIDADES	IMPORTE TOTAL
1.4.1.	10,31	3	30,92
1.4.2.	37,24	273,1	10.169,22
1.4.3.	120	1	120
TOTAL			10.320,14

El presente PRESUPUESTO DE SEGUIMIENTO DEL CULTIVO DURANTE EL AÑO 2 asciende a la cantidad de DIEZ MIL TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS DE EURO.

2.5. Seguimiento del cultivo durante el año 3

Nº PARTIDA	PRECIO/UNIDAD	Nº UNIDADES	IMPORTE TOTAL
1.5.1.	10,31	3	30,92
1.5.2.	37,24	273,1	10.169,22
1.5.3.	120	1	120
TOTAL			10.320,14

El presente PRESUPUESTO DE SEGUIMIENTO DEL CULTIVO DURANTE EL AÑO 3 asciende a la cantidad de DIEZ MIL TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS DE EURO.

2.6. Seguimiento del cultivo durante el año 4

Nº PARTIDA	PRECIO/UNIDAD	Nº UNIDADES	IMPORTE TOTAL
1.6.1.	10,31	3	30,92
1.6.2.	37,24	273,1	10.169,22
1.6.3.	120	1	120
TOTAL			10.320,14

El presente PRESUPUESTO DE SEGUIMIENTO DEL CULTIVO DURANTE EL AÑO 4 asciende a la cantidad de DIEZ MIL TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS DE EURO.

2.7. Seguimiento del cultivo durante el año 5

Nº PARTIDA	PRECIO/UNIDAD	Nº UNIDADES	IMPORTE TOTAL
1.7.1.	10,31	3	30,92
1.7.2.	37,24	273,1	10.169,22
1.7.3.	120	1	120
TOTAL			10.320,14

Selección, implantación y puesta en marcha de sensores de calidad de cultivo
Presupuesto

El presente PRESUPUESTO DE SEGUIMIENTO DEL CULTIVO DURANTE EL AÑO 5 asciende a la cantidad de DIEZ MIL TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS DE EURO.

3. PRESUPUESTO GENERAL

APARTADO	PRESUPUESTO
2.1. Red inalámbrica de sensores	46.200
2.2. Seguimiento del cultivo durante el año 0	10.320,14
2.3. Seguimiento del cultivo durante el año 1	10.320,14
2.4. Seguimiento del cultivo durante el año 2	10.320,14
2.5. Seguimiento del cultivo durante el año 3	10.320,14
2.6. Seguimiento del cultivo durante el año 4	10.320,14
2.7. Seguimiento del cultivo durante el año 5	10.320,14
TOTAL	108.120,84

El presupuesto actual y total del PRESENTE PROYECTO y su seguimiento DURANTE CINCO AÑOS, asciende a la cantidad de CIENTO OCHO MIL CIENTO VEINTE EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO.

La Graduada:

Irene Calvo Díaz

Madrid. Junio de 2015.